Aus der chirurgischen Abteilung der Charité Berlin.
Direktor: Geheimrat Professor Dr. *F. Sauerbruch*.

Relaxatio Diaphragmatis

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der
Medizinischen Doktorwürde
an der
Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin

vorgelegt von
ANNIE ROESLER-ALEXANDER
aus Wien

Tag der Promotion: 24. März 1938.

Druck Paul Brandel, Berlin SO 16.

M 544

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin
Dekan: Professor Dr. *Siebeck*
Referent: Professor Dr. *Middeldorpf*
Korreferent: Professor Dr. *P. Gohrbandt*

Dem Andenken meines Vaters

Relaxatio diaphragmatis.

I. **Begriffsbestimmung, Verlauf, Vorkommen und Prognose** 5

II. **Chronologische Übersicht der Kenntnis, Benennung, Ätiologie und Therapie** 6

III. **Das normale Zwerchfell** 14

a) Anatomie
b) Topographie
c) Höhenstand
d) N. Phrenicus
e) Motorische Innervation
f) Sensible Innervation
g) Tonus
h) Funktion

IV. **Das erschlaffte Zwerchfell:**

1. Path.-anat. Befund 24
2. Dysfunktion 25
3. Klinisches Erscheinungsbild 28
   Subjektive Symptome
   Objektive Symptome
   Röntgenologischer Befund
4. Differentialdiagnose 35
   Schematische Skizzen
   Path.-anatomisch
   Klinisch
   Röntgenologisch
5. Relaxatio diaphr. dextra 39
6. Pathogenese 40
7. Therapie 43

V. **Beobachtung einer Relaxatio diaphr. sinistra als Spätfolge einer Schußverletzung** 44

VI. **Zusammenfassung** 47

Literatur-Verzeichnis 48

I. Begriffsbestimmung, Verlauf, Vorkommen und Prognose.

In der Pathologie des Zwerchfells nehmen die Relaxionen insofern eine Sonderstellung ein, als manche Fragen zur Entstehung und klinischen Abgrenzung noch nicht eindeutig geklärt sind. Daher soll es Aufgabe dieser Arbeit sein, einen Überblick über die Entwicklung und den gegenwärtigen Stand dieser Fragen zu geben und durch eine Reihe von Beiträgen, die sich auf Beobachtungen der chirurgischen Klinik der Charité stützen, zur weiteren Klärung beizutragen.

Die Relaxatio diaphragmatis ist eine Erkrankung der Muskelschichte des Zwerchfells. Die Muskulatur einer Zwerchfelhälfte ist vollkommen atrophisch oder fettig degeneriert, die Zwerchfellkuppe zu einem schlaffen, dünnen, maximal gedehnten Sack geworden, in dem oft nur noch an vereinzelten Stellen Muskelreste mikroskopisch nachzuweisen sind. Ein in dieser Weise verändertes Zwerchfell hat seine Kraft als Muskel und seinen Tonus verloren. Somit ist es nicht mehr imstande, dem negativen Druck im Thoraxraum und dem im Vergleich dazu positiven Druck im Abdominalraum oder, anders ausgedrückt, dem elastischen Zug der Lunge und dem Druck der Baucheingeweide genügend Widerstand zu leisten: wie ein schlaffes Segel wird das Zwerchfell kuppelförmig weit in den Thoraxraum vorgewölbt. Magen und Teile des Dickdarms, manchmal auch noch die Milz, Teile des Dünndarms, eine Niere, der linke Leberlappen liegen nun in der erschlafften Zwerchfellkuppel und drängen das Herz nach rechts.

Die Relaxatio diaphragmatis bietet also das Bild eines einseitigen, dauernden Zwerchfellhochstandes; sie wird in den allermeisten Fällen an der linken Hälfte des Diaphragma beobachtet; sie kann vollkommen beschwerdefrei verlaufen und auch, trotz sportlicher Betätigung oder Kriegsdienst, subjektiv symptomlos und unerkannt bleiben; oft wird sie dann nur zufällig anläßlich einer genaueren ärztlichen Untersuchung oder als Zufallsbefund bei der Sektion festgestellt; sie kann aber auch unter stürmischem Verlauf schnell zum Tode führen:

> Birgfeld (1930): 3jähriges Mädchen; keine äußeren Mißbildungen. Seit 4 Wochen Magenschmerzen nach Aufnahme fester Speisen, früher immer gesund gewesen. Aufgetriebener Leib; nach 2 Tagen plötzlich schwerste peritonische Veränderungen: Operation: Magenvolvulus, Perforation, relaxiertes Zwerchfell. Am Spätabend exitus letalis.
>
> Der Fall von Petit (s. II. S. 7) ist vielleicht ähnlich aufzufassen.

Die Häufigkeit des Vorkommens der Relaxion ist nur angenähert festzustellen, da symptomlos verlaufende Fälle nicht alle bekannt werden. Meistens kommen geringfügige Beschwerden oder Schmerzen mittleren Grades vor, die durch konservative Maßnahmen,

wie Diät, Vermeidung körperlicher Anstrengungen, in erträglichen Ausmaßen erhalten werden können. Im allgemeinen sind die Gefahren der Abschnürung oder Einklemmung gering; größer ist die Gefahr der Perforation eines oft gleichzeitig vorkommenden Magengeschwürs; relativ selten sind die Fälle, die wegen hochgradiger Schmerzen und Magenstörungen operativ angegangen werden müssen, und zu den ganz großen Seltenheiten gehören glücklicherweise die Fälle, bei denen der stürmische tödliche Verlauf der Möglichkeit eines operativen Eingriffs zuvorkommt.

Die Relaxatio kann in jedem Lebensalter in Erscheinung treten; die Prognose ist bei Neugeborenen ziemlich ungünstig — wegen der funktionellen Bedeutung des Zwerchfells im Kindesalter (s. III. h S. 22, IV. 2 S. 26) —, nach Überschreiten der ersten Lebensjahre im allgemeinen sehr günstig. Relaxionen, die symptomlos verlaufen oder nur geringe Beschwerden machen, können nach Hinzutreten üblicher Alterserscheinungen zu unangenehmeren Zuständen führen. Ein Trauma kann eine Relaxatio diaphragmatis verursachen oder, was oft schwer festzustellen ist, bei einer bis dahin symptomlos verlaufenden Relaxatio bleibende Beschwerden auslösen, also eine Anomalie zu einer Krankheit machen (Carnot und Caroli 1930, 1934, Luhmann 1934); ein Trauma kann auch im Falle einer Relaxatio eine schon bestehende Krankheit derart verschlimmern, daß das Trauma mittelbare Todesursache wird (Marsh 1867).

Nach einer Statistik von Louste und Fatou (1923) kommen Relaxionen bei Männern dreimal so oft vor als bei Frauen, nach Dillon (Moskau 1928) ist die Häufigkeit des Vorkommens bei beiden Geschlechtern gleich. Dieser Unterschied in der Statistik mag auf die Berufstätigkeit — Angaben über den Beruf der Kranken fehlen meistens — zurückzuführen sein. Schwere körperliche Arbeit kann bei Bestehen einer Relaxatio Schmerzen auslösen und sie so zur klinischen Beobachtung bringen. Störungen des Geburtsvorganges als Folge einer Relaxion sind nicht beschrieben:

Eine Kranke (P. Krause, 1913) gibt an, selbst während der letzten Monate der Gravidität sehr schlank gewesen zu sein.

Lange (1922) berichtet von einem normalen Partus, 3 Monate nach Ausführung einer Phrenikotomie.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Relaxion des Zwerchfells wohl häufiger vorkommt, als sie diagnostiziert wird, und eine ernste Erkrankung darstellt, die gefährlich werden kann. Die Auffassung von Wood und Wood (1931), „daß die Relaxatio diaphragmatis eine seltene und merkwürdige Anomalie sei, deren Träger nur wenige Unbequemlichkeiten durch seinen Zustand habe", erscheint optimistisch und mit den klinischen Erfahrungen schwer in Einklang zu bringen.

II. Chronologische Übersicht der Kenntnis, Benennung, Ätiologie und Therapie.

Die historischen Tatsachen der Kenntnis dieser Krankheit scheinen wenig bekannt zu sein: Die meisten der zahlreichen Autoren, die

über dieses Thema geschrieben haben, führen die Kenntnis des heute als „Relaxatio diaphragmatis" (Wieting 1906) bekannten Krankheitsbildes auf Cruveilhier zurück. Oft wird von einem „Fall von Petit und Cruveilhier" gesprochen, obwohl Cruveilhier mehr als ein Jahrhundert später gelebt hat als Petit. Meistens wird berichtet, daß Cruveilhier als erster die Relaxatio von den Zwerchfellhernien, die ja ein sehr ähnliches Krankheitsbild darstellen, abgetrennt und als „Eventratio diaphragmatica" bezeichnet habe, er hat aber nur den Fall von Petit zitiert und die Bezeichnung „Eventratio" für dieses Krankheitsbild einmal auf Béclard, ein anderes Mal auf Petit selbst zurückgeführt.

Cruveilhier (1791—1874) schreibt in seiner „Anatomie Pathologique du Corps humain" (1829—35): „Un des cas de hernie thoracique rapporté par J. L. Petit (Oeuvres posthumes) dois être, suivant la remarque judicieuse de Béclard rapporté aux éventrations." In seiner „Anatomie Pathologique Générale" (1849) beginnt das Kapitel „Hernies par éventration" folgendermaßen: „C'est J. L. Petit qui parait avoir donné le nom d'éventration aux hernies ventrales, c'est à dire aux déplacements qui résultent du relâchement ou de la dilatation avec amincissement des parois abdominales . . ." (Diaphragma = paroi abdominale supérieure).

Die erste Beschreibung der Relaxatio ist 200 Jahre alt und stammt von dem berühmten französischen Chirurgen Jean Louis Petit (13. März 1674 bis 20. April 1750). Lesne, der von 1744—50 sein Schüler und Mitarbeiter war, schrieb viel nach dem Diktat von Petit, sammelte dessen Werke und veröffentlichte sie im Jahre 1774, d. i. 24 Jahre nach dem Tode von Jean Louis Petit, als dessen „Ouvrage posthume" unter dem Titel: „Traité des maladies chirurgicales, et des opérations qui leur contiennent." In dem Kapitel „des Hernies" findet sich, nachdem von einer Hernia spuria die Rede war, eine klassische Schilderung der Relaxatio diaphragmatis, die ich in vollständiger Übersetzung aus dem Urtext an dieser Stelle zitieren will:

„Die zweite Zwerchfellhernie, die ich sah, scheint mir auf nichts anderes als einen Entwicklungsfehler zurückzuführen zu sein. Diese Hernie war auf der linken Seite, wie die erste, und auch meine Kollegen berichten, daß alle Zwerchfellhernien, die sie gesehen hatten, auf der gleichen Seite waren. Deshalb glaube ich, daß die rechte Zwerchfellkuppe von der Leber besser geschützt wird, als es die linke von den Eingeweiden ist, die sie enthält: Vielleicht können auch die Eingeweide des linken Hypochondrion eher einen Druck auf diese Seite des Zwerchfells ausüben. Wie dem auch sei, diese zweite Hernie war noch viel größer als die erste: der Magen wahr sehr weit nach oben verlagert und hatte einen großen Teil des Dickdarms, den Dünndarm fast vollständig mit hinaufgezogen.

Der Kranke, an dem diese Beobachtung gemacht wurde, litt schon lange Zeit an einem angeblichen Asthma, das keine andere Ursache als eben diese Hernie gehabt haben konnte, da er sich von diesem angeblichen Asthma befreit fühlte, sobald er gegessen hatte. Zweifellos ist die Ursache der Befreiung von den Schmerzen hier die gleiche wie bei dem Kranken, der Gegenstand der vorangehenden Beobachtung war. (Im Falle der Hernia spuria war die Lücke im Zwerchfell gerade so groß, daß der leere Magen durch sie hindurchtreten konnte und infolgedessen Beschwerden verursachte. Wenn der Kranke etwas aß, zog das Gewicht der Nahrung

den Magen wieder in die Bauchhöhle zurück, und die Schmerzen verschwanden sofort.) Der Kranke, von dem wir eben sprechen, starb an einer „Entzündung des Bauches", und ich machte die Sektion. Ich begann mit der Eröffnung des Thorax, da ja der Kranke für einen Asthmatiker und die Entzündung des Bauches für ein Exsudat im Thorax gehalten worden war, und fand nur wenig Flüssigkeit, aber einen Tumor von der Größe eines kleinen Kürbis. Dieser Tumor war, wie ich schon sagte, auf der linken Seite und an seiner Basis beinahe so groß wie in seiner Mitte und endete in der Form eines stumpfen Kegels, drei bis vier Daumen hoch. Auf Druck fühlte ich eine Resistenz; das kam zweifellos daher, daß der ganze entzündete Unterbauch ein Hindernis darstellte, derart, daß sich das, was ich als Tumor ansah, auf Druck zwar etwas komprimieren ließ, aber sofort wieder seine frühere Gestalt annahm, sobald ich mit dem Druck nachließ. Um den Tumor in seiner ganzen Ausdehnung betasten zu können, mußte ich die Lunge loslösen, die durch eingedickte Lymphe mit ihm verklebt war. Nach Eröffnung der Bauchhöhle fand ich den Magen, das Colon und den Dünndarm in der schon geschilderten Lage vor. Der ganze Unterbauch war entzündet, die Teile, die sich in der Hernie befanden, waren untereinander und alle zusammen mit der Innenfläche des Sackes, der sie umschloß, verklebt; ich sagte verklebt, denn es bestand keine feste Verwachsung unter ihnen, wie sie oft bei manchen Formen der Hernien erwähnt wird; es war vielmehr eine Art der Verwachsung, vergleichbar der Verwachsung, die der Tumor mit dem linken Lungenlappen hatte und die von der eingedickten Lymphe herkam, die man gewöhnlich in Bauchhöhlen findet, wenn eine Entzündung besteht.

Als der Inhalt des Sackes herausgenommen war, hielten die einzelnen Teile noch dadurch die Lymphe zusammen, so daß die Form des ganzen Tumors gewahrt blieb. Was den Sack anbetrifft, erkannte ich, nachdem ich ihn von innen betastet und sogar umgestülpt hatte, daß er nichts anderes war als das ausgedehnte (verlängerte) Peritoneum, Diaphragma und Pleura zusammen ohne eine Ruptur der Membranen oder eine Kontinuitätstrennung der Muskel- und Sehnenfasern des Zwerchfells."

Diese Schilderung ist nicht nur historisch interessant: Petit hat die Besonderheit der Relaxatio im Vergleich zu den übrigen Zwerchfellhernien erkannt und pathologisch-anatomisch definiert. Seine ätiologischen Überlegungen bilden auch heute noch die Grundlage aller Theorien der Ätiologie dieser Krankheit. Obwohl es heute mit Hilfe der Röntgenstrahlen leicht ist Zwerchfellhernien zu erkennen, ist die Differentialdiagnose der Relaxion des Zwerchfells sogar im Röntgenbilde oft unmöglich.

Auch in der Folgezeit werden nur vereinzelte Fälle und in großen Zeitabständen beschrieben:

Im Jahre 1783: Pyl,
„ „ 1819: Meckel,
„ „ 1837: Froriep,
„ „ 1867: Howard Marsh,
„ „ 1882: Thoma, 2 Fälle,
„ „ 1902: Döring,
„ „ 1903: Glaser,
„ „ 1905: Hildebrand und Hess,
„ „ 1906: Wieting.

Die Erkrankung wird in dieser Zeit „Eventratio diaphragmatica" benannt und vorwiegend auf einen Entwicklungsfehler — Aplasie oder zu schwache Entwicklung der Muskelschichte des Zwerchfells — zurückgeführt. Cruveilhier beschreibt sie im Kapitel „Eventra-

tions postérieures à la naissance" und bezweifelt die Existenz einer angeborenen Zwerchfelleventration, „obwohl man die Möglichkeit wohl verstehen könnte". Marsh (März 1867) veröffentlicht seinen Fall eigentlich als Ergänzung zu histologischen Untersuchungen des Zwerchfells von Callender (Januar 1867):

„The patients symptoms, and the manner of his death, were very similar to those noted by Mr. Callender, and the case serves to keep attention fixed on the very important fact that the diaphragm may either by congenital defect, or much more commonly, through subsequent disease, so fail in its action as to lead, sooner or later to rapid death."

Paget, der den Fall von Marsh obduzierte, bemerkt, daß der Zustand des Zwerchfells wohl als Mißbildung aufzufasssen ist, denn:

„. . . there was no apparent abnormality of structure; the pleura and peritoneum lay in contact, but were healthy in texture, and with no fat or other degenerate substance between them."

Wieting (1906) schlägt „Relaxatio diaphragmatis" als passenderen Ausdruck für „Eventratio diaphragmatica" vor und schreibt, daß bei Eventratio zwar meistens congenitale Schwäche der betreffenden Zwerchfellhälfte vorläge, macht aber auf zwei weitere Entstehungsmöglichkeiten aufmerksam: erstens könnte einseitige Phrenicuslähmung, einerlei welcher Provenienz, zu einer einseitigen Zwerchfellparalyse und damit -atrophie führen; zweitens könne wohl eine erworbene myogene Degeneration des Zwerchfells die abnorme Erschlaffung des Muskels nach sich ziehen.

Die Bezeichnung „Relaxatio diaphragmatis" (verdeutscht: Zwerchfellrelaxion) ist seither in der deutschen Literatur — auch Eventration, einseitiger, idiopathischer, persistierender Zwerchfellhochstand kommen vor — vorherrschend. In der englischen Literatur werden die Bezeichnungen „eventration" und „elevation" (Giffin), letztere bedeutet Hochstand und hat als Krankheitsbegriff auch die gleichen Nachteile, gebraucht. Woodburn Morison (1923) schlägt „diaphragmatic hernia of the eventration type" vor, eine Bezeichnung, die an Umständlichkeit nichts zu wünschen übrig läßt, auch nicht neu ist, sondern eigentlich nur ein Zurückgreifen bedeutet und, wie Krömeke meint, „noch mehr die Nomenklatur verwickeln wird". Die Franzosen verwenden ausschließlich die Bezeichnung „éventration" und haben damit den Vorteil der Einheitlichkeit in ihrer Literatur. Im deutschen Schrifttum wird gegen den Ausdruck „Eventratio" vielfach vorgebracht, daß man darunter eigentlich eine Verlagerung von Baucheingeweiden aus der Bauchhöhle heraus verstünde, während dieser Zustand nicht vorliegt, sondern die Bauchhöhle durch das erschlaffte, hochstehende Zwerchfell nur vergrößert wird und gegen den Thoraxraum ausgebuchtet erscheint. Das ist zweifellos richtig; übersetzt man aber „Eventratio" — das im klassischen Latein gar nicht vorkommt — mit „Ausbauchung", analog zu „excavatio" = "Aushöhlung", so erscheint auch diese Bezeichnung gar nicht schlecht. Gegen „Relaxatio" wird geltend gemacht, daß aus dieser Bezeichnung nicht hervorgehe, daß es sich um einen Hochstand handelt und daß dieser Zustand nur auf einer Seite auftritt. Leich-

tenstern hat diese Erkrankung „Zwerchfellhochstand" bezeichnet, was meines Erachtens den Nachteil hat, daß es notwendig erscheint, erklärende Adjektive hinzuzufügen — „Zwerchfellhochstand" kommt ja auch physiologisch vor und pathologisch nicht nur bei Erkrankungen des Zwerchfells selbst, sondern auch als temporäres Symptom bei anderen Krankheiten. So entstanden viele Benennungen: „idiopathischer, einseitiger Zwerchfellhochstand" (Königer), „Zwerchfellinsuffizienz" (Franck), „chronische, idiopathische Magenblase" (Hoffmann), die alle zuviel und daher nicht immer richtiges — „idiopathisch" — oder zu wenig — „Insuffizienz" und „chronische Magenblase" — und daher nichts Typisches besagen. „Einseitiger, persistierender Zwerchfellhochstand" (Dillon 1928) ist zwar an sich richtig aber als Krankheitsbegriff viel zu lang und umständlich.

Ein Krankheitsbegriff soll meines Erachtens nach kurz und prägnant sein; er kann wenn er diese Forderung erfüllt unmöglich auch gleichzeitig alle Symptome ausdrücken. „Relaxatio diaphragmatis" (nicht „diaphragmatica") heißt „Erschlaffung" und ist daher die beste Bezeichnung für dieses Krankheitsbild; sie ist kurz und beinhaltet den typischen pathologisch-anatomischen Befund — der ja den Zwerchfellhochstand erklärt — und bringt außerdem noch die ätiologisch und morphologisch enge Beziehung zur Zwerchfellähmung zum Ausdruck.

„Relaxatio diaphragmatis" (Wieting) ist der Begriff, „einseitiger persistierender Zwerchfellhochstand" (Dillon) die Begriffsbestimmung.

Nach Einführung der Röntgenuntersuchung in die Klinik steigt die Zahl der veröffentlichten Fälle bedeutend an. In Jahre 1913 stellt Bergmann 22 Fälle, im Jahre 1919 Neumann 41 Fälle aus der Literatur zusammen.

Die Differentialdiagnose zwischen Hernie und Relaxion stand im Mittelpunkt des Interesses: zahlreiche Methoden wurden ersonnen, die auch in Einzelfällen erfolgreich sind, keine aber kann Allgemeingültigkeit für sich beanspruchen. Oft ist ihre Anwendung wegen störender mechanischer Verhältnisse unmöglich, oft führen sie, wegen der Gleichheit der physikalischen Verhältnisse und Röntgenbilder bei Hernie und Relaxion oder wegen ihrer Verschiedenheit bei der gleichen Erkrankung, nicht zum Ziel. Die exakte klinische Diagnosenstellung ist heute nicht nur prognostisch wie früher, sondern auch therapeutisch bedeutungsvoll: hatte man früher klinisch eine Hernie angenommen und stellte dann bei der Operation eine Relaxatio fest, so wurde unverrichteter Dinge wieder zugemacht (z. B. im Fall von Schlecht und Wels 1919). Neumann (1919) schreibt: „Die Differentialdiagnose ist praktisch wichtig, um ungünstige therapeutische Eingriffe, wie Operation bei der Relaxatio, zu vermeiden." Relaxionen wurden nur symptomatisch, mit Diät und ruhiger Lebensweise, unter Vermeidung körperlicher Anstrengungen behandelt.

Die erste Methode einer chirurgischen Therapie ist von Aronson (1918 — keilförmige Resektion eines Zwerchfellabschnittes —

angegeben und später auch von Quenu (1924) und Rhéaume (1926) ausgeführt worden. Heute ist die Zwerchfellplastik nach Sauerbruch — plastische Dopplung — die Methode der Wahl.

Im Jahre 1923 stellen Louste und Fatou schon 130 Fälle von Relaxatio aus der Literatur zusammen, Morison berichtet im Mai 1923 6 Fälle, Dillon im Jahre 1928 nicht weniger als 35 Fälle eigener Beobachtung.

Die Differentialdiagnose zwischen Relaxatio und Hernie wird heute infolge der Vervollkommnung des Röntgenverfahrens in den allermeisten Fällen gestellt werden können, zugleich hat sie wegen der heute üblichen operativen Therapie bei beiden Erkrankungen etwas an Bedeutung eingebüßt. Andere Fragen sind in den Brennpunkt des Interesses gerückt: Im Jahre 1928 veröffentlicht Uebelhoer einen Fall von „Relaxatio diaphragmatis nach künstlicher Zwerchfellähmung", die erste Beobachtung einer solchen Spätfolge unter „nahezu 1000 in den chirurgischen Kliniken zu Zürich, München und Berlin unter Sauerbruch vorgenommenen Phrenicotomien und Exairesen". Lord (1927) weist schon auf diesen Zusammenhang hin, ohne selbst einen solchen Fall zu veröffentlichen. Ernst (1929) berichtet über das Ergebnis der Nachuntersuchung von Kranken, bei denen in den Jahren 1921 bis 1929 an der Chirurgischen Klinik und Poliklinik München die Phrenicoexairese ausgeführt worden war: „weder Früh- noch Spätschädigungen sind nach künstlicher Zwerchfellähmung zu fürchten." Sauerbruch (1929) sagt: „Die Ausführungen von Ernst sind zweifellos richtig, doch können eben zweifellos nach der Phrenicoexairese ernste Störungen auftreten, wie zwei eigene Erfahrungen zeigen. In einem Falle bedingte die Phrenicoexairese eine große Relaxion, die als Zwerchfellbruch gedeutet und angegeangen wurde. Der Magen war bis zum 2. Zwischenrippenraum ausgedehnt. Ebenso war in einem zweiten Falle bei einem Kriegsverletzten nach Halsschuß der Magen gewaltig dilatiert und an dem in die Höhe gezogenen Zwerchfell fixiert." Brunner (1931) beschreibt eine Relaxion, die acht Jahre nach Phrenicuslähmung, infolge eine Kropfoperation, auftrat. Kenner, Weiss und Pesek (Wien 1933) veröffentlichen zwei Fälle als Spätfolge (drei und vier Jahre) nach Phrenicoexairese. Fatou, Lucy et Prévost beschreiben eine rechtsseitige Eventration, die sechs Jahre nach einem schweren Sturz auftrat; die Zwerchfellkuppe steht im 3. Intercostalraum, der Stimmumfang ist verändert.

Pierron (1929), Carnot und Caroli (1930, 1934) veröffentlichen Fälle „traumatischer Eventration", die als unmittelbare Folge sofort nach dem Unfall oder einige Wochen später, als die äußeren Zeichen der Verletzung — Bluterguß nach Kompression — rückgebildet waren, im Röntgenbilde sichtbar waren und Beschwerden verursachten; auch Luhmann (1934) anerkennt in einem Gutachten die unfallbedingte Entstehung einer Relaxatio.

Auf einen Zusammenhang zwischen geburtstraumatischer Phrennicuslähmung und Relaxion wird im Jahre 1921 schon von

Kofferath hingewiesen, Venschott (1933) veröffentlicht einen Fall, der offenbar eine „Übergangsform" darstellt:

> Knabe, Zangenentwicklung, rechtsseitige Plexus- und Phrenicuslähmung. Nach einer Woche hatte sich die Plexuslähmung zurückgebildet, die Zwerchfellähmung blieb bestehen Im Alter von 14 Tagen erkrankte der Knabe an Bronchopneumonie, der er in wenigen Tagen erlag.

Der hohe Mortalitätsprozentsatz (s. IV 2, S. 26) bei geburtstraumatisch bedingten Zwerchfellähmungen Neugeborener bringt es mit sich, daß die Zwerchfellrelaxion gerade bei Neugeborenen oft durch Sektion klargestellt wird. Dadurch ist der Prozentsatz der Neugeborenen unter den gesicherten Beobachtungen von Relaxatio relativ hoch, und das führt dazu, daß man diesen pathologischen Zustand wohl öfter, als es den Tatsachen entspricht, als Mißbildung angesehen hat.

Weigert (1920) beschreibt einen Fall rückgebildeter geburtstraumatischer Zwerchfellähmung — Rückbildung der Plexus- und Phrenicuslähmung erfolgen meist gleichzeitig, wenn auch anormale Atembewegungen bis zum Ende des ersten Lebensjahres im Röntgenbild sichtbar bleiben können (Kofferath 1921, Tyson und Bowman 1933) — als „geheilte Relaxatio", und Venschott (1933) schlägt für alle geburtstraumatischen Zwerchfellähmungen die Bezeichnung „rudimentäre Relaxatio" vor. Relaxion und Lähmung unterscheiden sich klinisch nur im Ausmaß des Hochstandes und der paradoxen Beweglichkeit voneinander, also graduell. Die Möglichkeit des Überganges einer Zwerchfellähmung in eine Relaxatio muß zugegeben werden; aber warum entsteht eine Relaxatio nach Phrenicoexairese so selten — einige wenige auf Tausende von Zwerchfellähmungen — und warum meist erst nach mehreren Jahren? Zur Beantwortung dieser Frage müssen Vorgänge, die erst in anderen Abschnitten dieser Arbeit ausführlich besprochen und erklärt werden (s. III h; IV 2 u. 6) hier Erwähnung finden:

Das gelähmte Zwerchfell ist kraft- und tonuslos; sein Höhenstand wird jetzt nur noch von den mechanischen Kräften, die aus seiner Umgebung einwirken, bestimmt (Felix 1923). Diese Kräfte sind im wesentlichen der elastische Zug der Lunge und der Druck der Baucheingeweide, die beide kranialwärts wirken, so daß das gelähmte Zwerchfell höhertreten muß. Verhalten sich diese beiden Kräfte (Lungenzug und Baucheingeweidedruck) normal, so wird mit einem individuell verschiedenen Zwerchfellhochstand eine Art Gleichgewichtszustand hergestellt; dieser Lähmungshochstand beträgt links höchstens 8—9 cm, rechts höchstens 10—12 cm und kann ungefähr sieben bis acht Monate bis zu seiner vollen Ausbildung brauchen. Sind aber die erwähnten mechanischen Kräfte anormal groß, dann wird das Zwerchfell über den angegebenen Lähmungshochstand hinaus noch weiter hochgedrängt, bis schließlich der für Relaxatio diaphragmatis charakteristische maximale Hochstand — oft erreicht die Zwerchfellkuppe den 2. Intercostalraum — entsteht.

Der elastische Lungenzug kann durch entzündliche Schrumpfung der Lunge in seiner mechanischen Auswirkung auf ein gelähmtes

Zwerchfell ersetzt sein und dessen erhebliche Steigerung bewirken.

Die größere Bedeutung für den Zwerchfellhochstand kommt aber der Steigerung des Baucheingeweidedruckes zu: In der Mehrzahl der Beobachtungen von Relaxatio nach künstlicher Zwerchfellähmung bestand schon vor Ausführung der Phrenicoexairese chronische Obstipation; bei jeder dieser Beobachtungen aber trat nach Ausführung der Phrenicoexairese deutliche Verschlechterung des Darmzustandes bis zu hochgradiger Obstipation und Meteorismus ein. Diese Verschlechterung des Zustandes ist mit der ansaugenden Wirkung des Zwerchfells auf den Darminhalt, die durch Höhertreten des Zwerchfelles noch gesteigert wird, und mit dem Ausfall seiner auspressenden Wirkung, die für die Darmtätigkeit von großer Bedeutung ist, zu erklären. Mit zunehmendem Zwerchfellhochstand steigert sich also die geschilderte Wirkung des Zwerchfells auf den Darm und bewirkt damit Erhöhung des Baucheingeweidedruckes, und umgekehrt drängt der gesteigerte Baucheingeweidedruck das Zwerchfell wiederum höher — Zwerchfell und Baucheingeweidedruck üben also eine circulus-vitiosusartige Wechselwirkung aufeinander aus.

Der Baucheingeweidedruck kann aber auch durch schwere körperliche Arbeit zwar immer nur vorübergehend, aber doch erheblich gesteigert werden. Für die nach traumatischen (geburtstraumatischen und unfallbedingten) und toxischen einseitigen Phrenicuslähmungen entstandenen Zwerchfellrelaxionen kommen beide angeführten Möglichkeiten der Drucksteigerung, die durch Obstipation und die durch schwere körperliche Berufsarbeit, pathogenetisch in Betracht, denn die Träger einer einseitigen Zwerchfellähmung haben keine Beschwerden durch ihren Zustand und üben daher ihren Beruf aus; ist dieser mit schwerer körperlicher Arbeit verbunden, so kann die häufige und gewaltige Bauchinnendrucksteigerung das gelähmte Zwerchfell weiter hochdrängen, bis schließlich das Bild der Relaxatio diaphragmatis entsteht. Hierher gehört die in dieser Arbeit mitgeteilte Beobachtung einer Relaxatio diaphr. sin. als Spätfolge einer Schlußverletzung (s. V, S. 46).

Bei therapeutischen Zwerchfellähmungen fällt die pathogenetische Bedeutung einer anstrengenden körperlichen Tätigkeit wegen der ruhigen Lebensweise, die die Kranken wegen ihres Grundleidens führen müssen, weg. Die Relaxatio nach Phrenicoexairese kann daher nur auf Grund enormer Drucksteigerung der Baucheingeweide durch chronische Obstipation, die aber nur selten in den erforderlichen Ausmaßen vorkommt, entstehen und wird deshalb so selten beobachtet. Die mehrjährige Entstehungsdauer einer Relaxion nach Zwerchfelllähmung ist wohl, ebenso wie die mehrmonatige Entstehungsdauer des Lähmungshochstandes, damit zu erklären, daß ein gelähmtes Zwerchfell seiner Verlagerung zwar keinen aktiven Widerstand mehr, aber doch noch als „mechanischer Körper" einen passiven Widerstand entgegensetzt. Mit zunehmender Dehnung des Zwerchfells wird dieses als „mechanischer Körper" weniger widerstandsfähig.

Abschließend möchte ich betonen, daß die geschilderte Wirkung der mechanischen Kräfte aus der Umgebung des Zwerchfells für den Entstehungsmechanismus einer Relaxatio erst dann bedeutungsvoll werden, wenn das Zwerchfell infolge Aplasie, Muskeldegeneration oder Lähmung minderwertig geworden ist; ätiologische Bedeutung kommt diesen mechanischen Kräften (Lungenzug und Baucheingeweidedruck) nicht zu, denn ein normales Zwerchfell vermag mit seinem Tonus und seiner Kraft als Muskel auch erhebliche Druckunterschiede zwischen Brust- und Bauchhöhle auszugleichen. Die Relaxatio diaphr. beruht ätiologisch immer auf Aplasie, Degeneration oder Lähmung eines Zwerchfells; sie ist charakterisiert durch den abnormen Hochstand einer Zwerchfellhälfte (Dislokalisation) und den Verlust von Kontraktilität und Tonus (Dysfunktion). Daher muß zunächst das in diesem Zusammenhang Wesentlichste über das normale Zwerchfell, dessen Innervation und Funktion kurz zusammengefaßt werden.

III. Das normale Zwerchfell.

Anatomie.

Das Zwerchfell ist die Scheidewand zwischen Brust- und Bauchhöhle. Seine Muskelbündel, aus dem 3., 4. und 5. Cervicalmyotom, entspringen am inneren Umfang der unteren Thoraxapertur und an den Körpern der Lendenwirbel; sie ziehen radiär nach innen und in kranialwärts konvexer Bogenlinie zu ihrer aponeurotischen Vereinigungsstelle, dem Zentrum tendineum, das ein Drittel der Gesamtfläche des Zwerchfells ausmacht und gegen den übrigen Muskel wieder etwas eingesunken erscheint. So kommt die typische Form des Zwerchfells mit seiner rechten und linken Kuppel zustande. Diese Kuppeln entsprechen keiner regelmäßigen geometrischen Form: der Abfall ihrer Wölbung nach der Peripherie zu ist vorn weniger steil als hinten und rechts weniger als links. Das Diaphragma ist 3—4 mm dick, oben von der Pleura diaphragmatica und unten vom Peritoneum parietale überzogen.

Die arterielle Blutversorgung ist durch die Aa. pericardiacophrenicae und Aa. musculophrenicae aus der A. mammaria interna und durch die Aa. phrenicae inf. aus der Aorta abdominalis gesichert; ferner gelangen kleine Äste Aa. intercostales von der Seite her ins Zwerchfell (Corning).

Topographie.

Das Herz liegt der kranialen Fläche des Centrum tendineum auf und verursacht dessen leichte Eindellung und die „impressio cardiaca" auf der Oberfläche des linken Leberlappens. Rechts und links davon grenzen die Lungenbasen an das Zwerchfell. Die linke Zwerchfellkuppe wird von Magen, Milz und linkem Leberlappen ausgefüllt. Magen und Milz sind durch den intraabdominellen Druck an das Zwerchfell fixiert. Der linke Leberlappen ist von Peritoneum überzogen und nur durch das lig. triangulare sin. mit dem Zwerchfell verbunden; der rechte Leberlappen füllt die rechte Zwerchfellkuppe

aus und ist zum Teil mit ihr verwachsen. Im Cavum retroperitoneale liegen Nieren und Nebennieren dem Zwerchfell an.

Höhenstand.

Die Höhe der Wölbung des Zwerchfells ist bei den einzelnen Menschen sehr verschieden und abhängig von der Thoraxform (Thorax emphysematicus bewirkt Abflachung, Thorax asthenicus stärkere Wölbung) und vom Geschlecht: beim Weib steht das Zwerchfell höher als beim Mann. Die Höhenlage ist auch bei demselben Menschen veränderlich und von einer Reihe von Faktoren abhängig, die zu ziemlich erheblichen Verschiebungen führen können. Das sind:

1. Der Druck im Thoraxraum (eine Atmosphäre vermindert um den Elastizitätszug der Lunge),
2. die Ausdehnung der unteren Thoraxapertur,
3. der Tonus des Zwerchfellmuskels,
4. der Druck im Bauchraum (abhängig von der Spannung und dem Füllungszustand der Baucheingeweide).

Die linke Kuppe steht 14—27 mm tiefer als die rechte. Schnelle Orientierung, auch im Röntgenbild, ermöglicht die linea sternoxiphoides (Keith 1903): die rechte Kuppe ist unmittelbar über ihr, die linke unmittelbar unter ihr sichtbar.

Auch mit der Stellung des Körpers wechselt der Höhenstand des Zwerchfells. So reicht nach Jamin die Zwerchfellkuppe bei gesunden jungen Leuten im Stehen rechts bis zum oberen Rand der 5. Rippe, links bis zum unteren Rand der 5. Rippe. In horizontaler Rückenlage ist der Zwerchfellstand am höchsten und der Unterschied zwischen rechts und links am größten. Beim bequemen Sitzen ist er wegen der Entspannung der Bauchdecke am tiefsten. In Seitenlage rückt das Zwerchfell der gleichen Seite höher; es nimmt also bei jeder Körperlage die Stellung ein, die zu erwarten wäre, wenn man sich die Baucheingeweide durch eine bestimmte Flüssigkeitsmenge ersetzt vorstellt.

A. E. Barclay (1930) findet auf Grund seiner röntgenologischen Untersuchungen, daß das Zwerchfell in Mittelstellung in Höhe des oberen Teiles des 11. Brustwirbels steht (rechts etwas höher als links); das entspricht, auf die vordere Thoraxwand bezogen, der linea sternoxiphoides. Bei gesunden jungen Leuten ändert sich der Höhenstand nicht mit einer Stellungsänderung des Körpers. Im Stehen und im Liegen, ja sogar in der extremen Körperstellung „Kopf nach unten und Füße nach oben" bleibt der Zwerchfellstand gleich. Nur bei Menschen in geschwächtem Gesundheitszustand konnte in Seitenlage ein Unterschied der beiden Zwerchfellhälften festgestellt werden. Daraus schließt Barclay: „Der Höhenstand des Zwerchfells ist offenbar von einer Kraft abhängig, die eine der Schwerkraft entgegengesetzte Wirkung hat. Es ist anzunehmen, daß diese Kraft der Tonus des Zwerchfellmuskels ist."

Die Körpergröße hat keinen Einfluß auf den Zwerchfellstand (Dietlen).

Temporärer Zwerchfellhochstand tritt physiologisch während der Schwangerschaft auf und ist individuell sehr verschieden.

Im Alter tritt das Zwerchfell um etwa einen Intercostalraum tiefer: Die Rippen sinken infolge Erschlaffung ihrer Hebebänder, dadurch sinkt das Zwerchfell mit, seine Wölbung aber wird verstärkt durch Tonusverminderung der altersschwachen Muskulatur — nicht durch stärkeren Elastizitätszug der Lungen, denn dieser ist verringert.

N. Phrenicus.

Am Phrenicus, dem „Nerv des Lachens" (Sieglbauer) werden oft die unterschiedlichsten Varietäten in Ursprung und Verlauf beobachtet:

Ursprung.

Die Wurzeln des Phrenicus stammen aus C III, C IV und C V; die Hauptmasse seiner Neuriten stammt ams C IV. Als Nebenwurzeln kommen Neuriten aus C I, C II, C VI, C VII, C VIII und Th I vor, so daß der Phrenicus Neuriten aus sämtlichen Cervicalwurzeln und aus der ersten Thorakalwurzel enthalten kann.

Manche dieser Kabel, die als Nebenwurzeln des N. phrenicus vorkommen, ziehen nicht direkt in den Stamm des Phrenicus, sondern beanspruchen für eine gewisse Strecke die Bahn eines anderen Nerven, wie des Hypoglossus, Accessorius, Vagus, Subclavius und Suprascapularis (Felix 1922).

Anastomosen.

Die Anastomose mit dem N. hypoglossus besteht in einer Verbindung mit der Ansa hypoglossi (C I, II, III), nicht mit dem Gehirnteil des Hypoglossus. Die Vereinigung mit dem Phrenicus kann im Bereich des Halses oder intrathorakal erfolgen.

Die Anastomose mit dem N. subclavius (C V) ist die häufigste und klinisch wichtigste Varietät des N. phrenicus. Sie ist als „Nebenphrenicus" bekannt; meistens vereinigt sie sich intrathorakal, aber nur wenige Zentimeter unterhalb seines Wurzelgebietes mit dem Phrenicus; man spricht von einem „Doppelphrenicus", wenn die Vereinigung mit dem Hauptstamm des Phrenicus erst knapp vor dessen Eintritt ins Zwerchfell stattfindet. Die Angabe über die Häufigkeit des Vorkommens eines Neben- oder Doppelphrenicus sind recht unterschiedlich: er kommt nach Sauerbruch in 20 bis 25 % der Fälle, nach Felix (1922) in 18 %, nach Sieglbauer (1930) in 50 %, nach manchen Autoren noch häufiger vor. Der Nebenphrenicus kommt meistens einseitig, nur selten doppelseitig vor; auf einer Seite sind bis zu zwei Nebenphrenici beobachtet worden.

Eine Anastomose mit dem N. accessorius ist nur von Blandin (1879), mit dem Vagus nur von Wrisberg (1780) und Habershon, mit dem Suprascapularis nur von Casali je einmal beschrieben; diese Verbindungen haben also praktisch keine Bedeutung.

Endlich sei noch die afferent bedeutungsvolle Anatomose mit dem Sympathicus erwähnt: der N. phrenicus nimmt sympathische Äste aus dem Plexus suprapleuralis und dem Plexus phrenicus auf (Felix 1922).

Verlauf.

Eine genaue Schilderung des anatomischen Verlaufes des N. phrenicus ist in diesem Zusammenhang überflüssig; nur Verschiedenheiten zwischen dem Verlauf des rechten und linken Phrenicus müssen erwähnt sein: Ursprung und Verlauf in der Halsgegend sind rechts und links gleich. Der rechte Phrenicus verläuft dann ziemlich senkrecht und tief im Thoraxraum und tritt in der Nähe der V. Cava inf., in einer Entfernung von 30 mm von der Medianlinie, ins Zwerchfell. Der linke Phrenicus verläuft in weit lateralwärts gerichtetem Bogen und oberflächlicher, er tritt daher in der Nähe der Herzspitze, 70 mm von der Medianlinie entfernt und um 50 mm mehr ventral als der rechte Phrenicus, ins Zwerchfell ein. Der Subclaviusnebenphrenicus liegt auch als Doppelphrenicus immer lateral, der seltene Nebenphrenicus aus der Ansa hypoglossi medial vom Hauptstamm des N. phrenicus.

Besonders hervorzuheben sind auch die topographischen Beziehungen des Phrenicus zu den Lymphdrüsen: den Lgll. cervicales prof. und supraclaviculares in der Halsgegend, den Lgll. bronchotracheales in der Brusthöhle und den Lgll. mediastinales diaphr. dicht an seiner Eintrittsstelle ins Zwerchfell.

Die eigenartige Entwicklung des Zwerchfells (s. Willy Felix 1922) erklärt den langen und komplizierten Verlauf des Phrenicus.

Motorische Innervation.

Im Schrifttum sind zwei Meinungen über die motorische Innervation des Zwerchfells vertreten: nach der einen ist der N. phrenicus der einzige motorische Nerv des Zwerchfells (Ramström, Sieglbauer, Cunningham, Lemon), nach der anderen sind auch die unteren Intercostalnerven an der Innervation des Zwerchfells beteiligt (Luschka, Morris, Walther, Lange, Felix).

Nach Willy Felix (Untersuchungen an in Serien geschnittenen menschlichen Embryonen, 1922) wird das Zwerchfell motorisch vom Phrenicus versorgt, nur der Teil des Zwerchfells, der von der 12. Rippe seinen Ursprung nimmt, wird vom N. intercostalis XII motorisch versorgt. „Auch entwicklungsgeschichtlich läßt sich das begründen, weil das isolierte Fehlen dieser Zacke bei angeborenen Zwerchfellhernien auf eine besondere Innervation hinweist."

Willys Lemon (The Mayo Clinic, Rochester 1930) findet nach vollständiger Entfernung des Phrenicus beim Hund (durch Phrenicusexairese oder Resektion auf transthorakalem Wege) das Zwerchfell in all seinen Teilen gleichmäßig gelähmt und atrophiert. Die Grenze des atrophischen gegen das gesunde Zwerchfell ist in deutlicher Linie sichtbar. Das gelähmte Zwerchfell ist in den an die Rippen grenzenden Teilen genau so blaß, dünn, durchsichtig und reizunempfindlich wie in seinen übrigen Teilen. Die mikroskopische Untersuchung bestätigt den Befund: in allen Teilen eines gelähmten Zwerchfells sind die Muskelfasern in gleicher Weise verkleinert und fettig degeneriert, überall gleiche Kernverklumpung und vermehrtes Bindegewebe. Daraus schließt Lemon, daß der N. phrenicus der einzige motorische Nerv des Zwerchfells ist, und daß zwischen dem rechten und linken Phrenicus keine motorischen Verbindungen bestehen.

Strauss (Köln 1933) kommt auf Grund von Untersuchungen der motorischen Innervation des Zwerchfells beim Menschen und bei Tieren zu dem gleichen Ergebnis. Das menschliche Zwerchfell sei aus einer einheitlichen Maße entstanden, das Ästchen des N. intercostalis XII nur sensibel. (Ramström, Strauss.) Auch bei Meerschweinchen, Kaninchen, Katzen und Hunden findet Strauss die gleichen Verhältnisse wie beim Menschen, während das Zwerchfell der Vögel eine sehnige Platte ist, die nur in ihren Randpartien Muskelzacken aufweist; sie werden von den entsprechenden Intercostalnerven motorisch versorgt, Sympaticus und Vagus (Cavalié) sind nicht an der Innervation beteiligt. (Strauss.)

Ontogenetisch steht das Zwerchfell der Vögel zwischen dem der Amphibien, Reptilien und Säugetiere. Der Phrenicus versorgt das Zwerchfell in aufsteigender Tierreihe mit zunehmender Ausdehnung; der Einfluß der Intercostalnerven nimmt im gleichen Maße ab (Keith, Mettenleiter).

Sensible Innervation.

Die sensible Versorgung gestaltet sich nach Willy Felix (1922) folgendermaßen: die serösen Überzüge des Zwerchfells werden in ihren peripheren Teilen von den fünf untersten Intercostalnerven sensibel versorgt. Ihre zentralen Partien werden vom Phrenicus versorgt, er gibt aber keine Äste zur Pleura mediastinales, costalis und zum Perikard ab.

Am Halse empfängt der Phrenicus sympathische und auch spinale (aus den untersten Cervikal- und dem obersten Thorakalnerven) Äste aus dem Plexus suprapleuralis. Im subperitonealen Bindegewebe des Zwerchfells anastomosiert der N. phrenicus mit dem sympathischen Plexus phrenicus, in dem sich auch Paraganglien (Adrenalkörper) finden. Die Bedeutung des Zusammenhangs zwischen Phrenicus und Sympathicus liegt darin, daß die Serosaendigungen des Phrenicus keine spinalen Phrenicusendigungen sind, sondern Endigungen des im Phrenicus verlaufenden Sympathicuskabels. Demnach ist der Schulterschmerz im Gebiet der Nn. supraclaviculares, der bei vielen Erkrankungen, die mit einer Reizung der Pleura diaphragmatica oder des peritonealen Überzuges des Zwerchfells einhergehen, auftritt, ein viscero-sensorischer Reflex (Willy Felix).

Tonus.

Der Begriff des Skelettmuskeltonus ist noch nicht eindeutig geklärt:

Der Tonus des quergestreiften Muskels ist vorwiegend durch die Dauerinnervation von seiten des Zentralnervensystems bedingt. Wegen dieser Abhängigkeit hat man den Tonusbegriff vom Spannungszustand des Muskels auf die ihn erhaltende Dauerinnervation übertragen. Im Interesse einer scharfen Begriffsbestimmung empfiehlt es sich aber, diese den Tonus bedingende Innervation von dem Zustand des Muskels zu unterscheiden und sie mit Jordan (1908) und Uexküll (1909) als statische Innervation der die Bewegung innervierenden dynamischen oder kinetischen Innervation gegenüberzustellen. Die Dauerverkürzung des Muskels unterscheidet sich von seiner Arbeitsleistung durch die Geringgradigkeit des begleitenden Energieumsatzes.

Bei der elektromyographischen Untersuchung zeigen die zentralinnervierten tonischen Verkürzungszustände, die wir beim höheren Verte-

braten beobachten, in der Geringgradigkeit der sie begleitenden Aktionsströme fließende Übergänge zwischen dem Elektromyogramm willkürlich innervierter Muskeln auf der einen und ruhender Muskeln auf der anderen Seite, die ja auch, wie einzelne Fälle zeigen (Dittler am Zwerchfell), Aktionsströme abzugeben vermögen. Das Wesen des Elektromyogramms der durch zentrale Innervation bedingten Zustände von Dauerverkürzung ist demnach nicht in dem Fehlen von Aktionsströmen, sondern in deren Geringgradigkeit zu erblicken.

Auch die Analyse der ursprünglich als Typus der stromlosen Dauercontraktur betrachteten Tetanusstarre weist darauf hin, daß kein prinzipieller Gegensatz zwischen statischer und kinetischer Innervation besteht.

Statische und kinetische Innervation sind nur als dem Grade nach verschieden anzusehen (Spiegel 1929).

Es hat sich als unentbehrlich erwiesen, zwei Tonusformen beim Skelettmuskel zu unterscheiden (Riesser 1925):

„Der contractile Tonus bedeutet die Eigenschaft, unter langsamer Verkürzung in Dauerspannung zu geraten, ist also der Kontraktionsart des glatten Muskels analog. Der Sperr- oder plastische Tonus bezeichnet die Eigenschaft des Muskels, unabhängig von der Länge die „innere Spannung", den Grad der Sperrung, zu wechseln unter gleichzeitiger Annahme plastischer Eigenschaften" (Riesser 1925).

Im Rahmen dieser Arbeit ist es unmöglich, auf die verwickelte und zum großen Teil noch ungelöste Problematik des Tonusbegriffes näher einzugehen.

Die Frage, ob die statische Innervation, „der" Tonus, auf dem Wege der motorischen Innervation oder des autonomen Nervensystems zum Skelettmuskel gelangt, ist ebenfalls noch nicht entschieden:

Seit Brondgeest (1860) hielt man den Tonus des quergestreiften Muskels in erster Linie für einen Reflextonus.

Boeke (1909) fand „akzessorische Endplättchen", die neben den motorischen Endplättchen in der Muskelfaser vorkommen, und konnte sie bis zu marklosen sympathischen Fasern verfolgen. Es gelang ihm und Dusser de Barenne der Nachweis mit der Degenerationsmethode, „daß diese akzessorischen Endplatten und Nervenfasern postganglionäre Neurone sind, deren Ganglienzellkörper im Grenzstrang des Sympathicus liegen". Diese anatomischen Befunde wurden von Langley und von Spiegel (1927) angezweifelt. Boeke aber sprach auf Grund seiner Ergebnisse von einer doppelten Innervation des quergestreiften Muskels durch Cerebrospinalnerven und durch sympathische Nerven.

Auf Grund weiterer zum Teil chemischer und pharmakologischer Untersuchungen wurde von de Boer (1914) und Kuré (1914) der Skelettmuskeltonus auf sympathische Innervation, von Frank (1920) auf parasympathische Innervation zurückgeführt.

Frank (1921) und Kuré (1922) haben ihre Ansicht dahin geändert, daß sie spinale, sympathische und parasympathische Innervation des Skelettmuskeltonus zugeben; Frank mißt dem parasympathischen, Kuré dem sympathischen Einfluß größere Bedeutung bei (Felix 1923).

Die Tonustheorie Kuré's beruht auf Beobachtungen, die schon früher (1913) von Sauerbruch und Stuertz, als sie die Phrenicotomie zur Einengung der chronisch erkrankten Lunge einführten, im Tierversuch und klinisch gemacht worden waren (Felix 1923). „Das gelähmte und daher zu aktiven Bewegungen unfähige Zwerchfell führt noch passive Bewegungen aus, die auf Kräfte, die aus der Umgebung wirken, zurückzuführen sind (passive Bewegun-

gen). Unter diesen Kräften verstanden sie den elastischen Zug der Lunge und den Druck der Bauchorgane" (Felix 1923). Kuré und seine Mitarbeiter machen bei ihren zahlreichen Versuchen an Kaninchen, Katzen, Hunden und Affen grundsätzlich die gleichen Beobachtungen; Kuré aber führt die passiven Bewegungen nach Zwerchfellähmung auf ein Erhaltenbleiben dessen Tonus zurück.

Nach Exstirpation des Hals- oder Bauchsympathicus oder nach Ausschaltung beider trat Tonusherabsetzung des Zwerchfells ein, die keineswegs hochgradig war.

Nach „Evulsion" des Phrenicus, je nach dem Tier, erfolgte ziemlich hochgradige Tonusherabsetzung. Wenn der Zwerchfellhochstand nach Phrenicusevulsion geringgradig war, konnte er durch Exstirpation des Bauchsympathicus gesteigert werden. Trat schon nach Phrenicusevulsion hochgradiger Zwerchfellhochstand ein, so war nach Bauchsympathicusexstirpation keine weitere Hochlagerung des Zwerchfells festzustellen.

Evulsion des Phrenicus und Exstirpation des Bauchsympathicus bewirkte die Tonusaufhebung des Zwerchfells.

Histologische Untersuchungen des gelähmten Zwerchfells ergaben analogen Befund.

Schluß: Das Zwerchfell wird von cerebrospinalen Fasern aus dem N. phrenicus und von sympathischen Fasern aus dem Hals- und Bauchsympathicus (die im Phrenicus selbst enthaltenen sympathischen Fasern haben mit dem Zwerchfelltonus nichts zu tun) tonisch und trophisch versorgt, und zwar können bei Ausfall der einen die anderen kompensatorisch für sie eintreten (Kuré).

Felix (1923) kommt auf Grund exakter Versuche und logischer Überlegungen zu folgenden Ergebnissen über die Zwerchfellinnervation:

Das Zwerchfell wird durch die Wirkung seiner motorischen Innervation und durch mechanische Kräfte in Spannung gehalten.

Der motorische Nerv ist im wesentlichen der Phrenicus. Auch für den 12. Zwischenrippennerven sind motorische Fasern nachgewiesen; diese sind aber praktisch unbedeutend.

Die Bedeutung des Sympathicus für das Zwerchfall liegt in der Innervation der Gefäße des rhythmisch arbeitenden, stark durchbluteten Zwerchfellmuskels und in seiner sensiblen Innervation.

„Die Annahme eines eigenen Tonus des Zwerchfells mit einer besonderen sympathischen Innervation ist nicht gerechtfertigt. Denn jene Erscheinungen, welche sein Bestehen erforderlich zu machen scheinen, lassen sich mit Hilfe der spinalen Innervation allein und der mechanischen Kräfte, unter denen das Zwerchfell steht, erklären" (Felix 1923).

Funktion.

Die Tätigkeit des Zwerchfells beginnt schon während des intrauterinen Lebens (Ahlfeld 1913) und ist für den ganzen Organismus von großer Bedeutung.

Seine Kontraktionen erfolgen immer rhythmisch und unwillkürlich, sind aber doch bis zu einem gewissen Grade vom Willen beeinflußbar; sie setzen während des extrauterinen Lebens nie aus, er-

folgen 18—20 mal in der Minute und haben eine Gesamtwirkung auf den Organismus, die sich in eine Wirkung auf

die Lage seiner Nachbarorgane,
die Atmung,
den Blutkreislauf und
den Magendarmtrakt

unterteilen läßt.

Das Zwerchfell ist außerdem bei der Phonation und vor allem beim Lachen beteiligt. Das Lachen kann auf psychischem oder sensorischem Wege reflektorisch ausgelöst werden: auf eine tiefe Inspiration folgen unvollständige Exspirationen und kurze Inspirationen, die die vollständige Exspiration verzögern. Das Lachen kann lautlos oder hörbar sein. Die meisten Menschen spannen während des Lachens ihre Stimmbänder und lachen daher hörbar. Die Zwerchfelltätigkeit beim Lachen beeinflußt aber ihrerseits auch die Psyche (wohl auf dem Umwege über Atmung und Blutkreislauf) und erinnert so an die große Bedeutung, die das Zwerchfell in der Vorstellung der alten Griechen hatte.

Das Zwerchfell und die Lage seiner Nachbarorgane.

Es ist die wichtigste Funktion des Zwerchfells durch seine aktive Kontraktion während des Inspiriums, die Scheidewand zwischen der Brust- und Bauchhöhle zu versteifen. So wird unter normalen Verhältnissen das (inspiratorische) Ansaugen der Baucheingeweide in den Thoraxraum (während des Inspiriums) verhindert. Die Erfüllung dieser Aufgabe des Zwerchfells ist abhängig von seinem Muskeltonus und von dem Druck in Brust- und Bauchhöhle. Normalerweise ist das Zwerchfell imstande sehr große Druckunterschiede auszugleichen und auch seinen Tonus den geforderten Leistungen anzupassen. Wie groß die Muskelkraft des Zwerchfells sein kann, hat Duchenne in seinem bekannten Pferdeversuch gezeigt.

Bei der Relaxatio diaphragmatis, auch bei der Lähmung und den Zwerchfellbrüchen, leidet diese Funktion, die lange Zeit fast unbeachtet blieb, und es kommt zu Verlagerungen der Organe des Bauch- und des Mittelfellraumes, die sehr erheblich sein können und ihrerseits wieder zu einem bedrohlichen Zustand führen.

Das Zwerchfell und die Atmung.

Das Zwerchfell kontrahiert sich rhythmisch und synchron der Atmung, so daß seine Kontraktion auf der Höhe des Inspiriums am stärksten ist. Dadurch wird das Gleichgewicht zwischen den Organen der Brust und der Bauchhöhle aufrechterhalten und dafür gesorgt, daß bei ruhiger Einatmung nur die Lungen aus der Thoraxerweiterung Nutzen ziehen.

An der Bewegung des Zwerchfells bei der Atmung kann man eine aktive und eine passive Komponente unterscheiden; sie erfolgen nicht ganz gleichzeitig. Die aktive Bewegung erfolgt im Beginn des Inspiriums: das Zwerchfell kontrahiert sich aktiv, seine Kuppen senken sich. Die passive Bewegung erfolgt erst am Ende des In-

spiriums: die Rippen heben sich, damit wird auch das Zwerchfell gedehnt und gehoben, aber seine Kuppen senken sich nicht. Auf diese Weise kann es zur pseudoparadoxen Bewegung des Zwerchfells kommen. „Wenn der Hochstoß der Rippen sehr groß ist, so können die Zwerchfellkuppen trotz der Senkung im Anfang des Inspiriums am Ende höher stehen als zuvor" (Hitzenberger).

Die Beteiligung des Zwerchfells bei der Atmung wurde früher vielfach überschätzt und das Zwerchfell für den Hauptatemmuskel gehalten. Die Beobachtung der Atembewegungen im Röntgenbild und die Erfahrungen bei der künstlichen Lähmung des Zwerchfells haben diese Anschauung berichtigt.

Die Zwerchfellatmung wirkt nur wenig auf die Lüftung der Lungen ein; sie deckt 35% des gesamten Gasaustausches (Landois). Bei eröffnetem Brustkorb sind nur geringe Schwankungen des Zwerchfells zu sehen (Sauerbruch). Im Röntgenbild sieht man bei ruhiger Atmung nur mäßige Ausschläge, die wahrscheinlich von der passiven Bewegung des Zwerchfelles herrühren (Walther Felix). In Seitenlage ist die Bewegung der freien Seite fast aufgehoben (Hofbauer und Holzknecht). Die inspiratorische Senkung kann 2 cm betragen, die Zwerchfellkuppen behalten ihre Form bei, die Sinus phrenicocostales werden nicht eröffnet (Lange). Bei tiefer Atmung kann die inspiratorische Senkung der Zwerchfellkuppen 2—4 cm betragen. Ihre Form ähnelt während des Inspiriums einem Kreissektor, während des Exspiriums einer Hyperbel (Chaoul); man sieht daher im Inspirium die Kuppen flacher werden und tiefer treten, die Sinus phrenicocostales werden eröffnet (Lange).

Beim Kind liegen die Verhältnisse ganz anders: hier besorgt das Zwerchfell fast ausschließlich die Atmung, denn wegen des fast wagerechten Verlaufs der Rippen ist eine Erweiterung des Brustkorbes durch Hebung der Rippen kaum möglich (Venschott 1933). Erst wenn das Kind stehen und laufen lernt, bildet sich die kostale Atmungsform aus (Chaoul), und das Zwerchfell wird zum Hilfseinatmer (Felix).

Das Zwerchfell und der Blutkreislauf.

Das Zwerchfell übt während des Inspiriums durch seine aktive Kontraktion einen Druck auf den Bauchraum aus. Der Mittelfellraum wird dadurch vergrößert, der Brustabschnitt der Vena cava inf. gedehnt und somit das Ansaugen des Blutes aus dem Bauchraum erleichtert. Das foramen quadrilaterum hat eine starre und bei allen Bewegungen des Zwerchfells gleichbleibende Lichtung; dadurch wird die Wirkung der Zwerchfellkontraktion noch erhöht (Mettenleiter).

Außerdem wird durch die inspiratorische Kontraktion des Zwerchfells der intraabdominelle Druck erhöht und die Leber von unten gegen das Zwerchfell gepreßt; auch von oben übt das kontrahierte Zwerchfell einen erheblichen Druck auf die Leber aus. Als

Folge davon muß sich das Blut aus den Lebergefäßen in die Vena cava entleeren. Strukow (1931) schreibt der Zwerchfelltätigkeit für den Blutkreislauf eine größere Bedeutung als für die Atmung zu. Er fand bei histologischen Untersuchungen des Zwerchfells, daß sich gerade bei pathologischen Herzverhältnissen Ausgleichsvorgänge im Zwerchfell entwickeln. „Alle Störungen der Herzarbeit werden von einer kompensatorischen Zwerchfellhypertrophie begleitet, die mit Atmungsbeschwerden verbundenen Zustände haben keine Hypertrophie der Zwerchfellfasern zur Folge" (Strukow). Auf den engen Zusammenhang zwischen Zwerchfell und Herzmuskel haben schon früher Callender (1867) und Falkenstein (1904) auf Grund ihrer histologischen Untersuchungen hingewiesen.

Das Zwerchfell und der Magendarmtrakt.

Die Wirkung des Zwerchfells auf den Schluckakt ist bisher nur wenig beachtet worden (Dillon 1928). Da die Öffnung im Zwerchfell für die Speiseröhre nur von Muskelfasern umgeben ist, darf man nach Corning annehmen, daß die Zwerchfellkontraktion die Lichtung der Speiseröhre schließt. Beim Schlucken ist nicht die Kardia, die stets offen bleibt, sondern die von den respiratorischen Bewegungen des Zwerchfells abhängige Epikardia beteiligt (Caballero, Dillon).

Das Zwerchfell hat ansaugende und auspressende Wirkung auf den Magen und auf die Flexura lienalis (Dillon). Die Luft der Magenblase setzt sich aus der Luft, die geschluckt wird, und aus der, die vom Zwerchfell angesaugt wird, zusammen. Die Möglichkeit eines solchen Einflusses wurde schon von Schreiber bewiesen, der zeigen konnte, daß die statischen Verhältnisse in der Bauchhöhle bei ruhiger Atmung ohne angestrengte Ausatmung in keiner Weise die Entstehung eines negativen Druckes im Magen und in der Bauchhöhle verhindern können. In vielen Untersuchungen konnte Schreiber feststellen, daß die respiratorischen Druckschwankungen im Magen ebensolchen Schwankungen in der Speiseröhre entsprachen, d. h. dort wie hier verkleinerten sie sich beim Ein- und vergrößerten sich beim Ausatmen. So kann mit Hilfe des Zwerchfells Luft in den Magen und die Flexura lienalis angesaugt und ausgetrieben werden. Das zeigen auch die Bauchredner, die mit Hilfe der Speiseröhre sprechen können (Gutzmann, Vorhoeve).

Nach den Untersuchungen von N. J. Krause (1927) ist die ansaugende Wirkung des Zwerchfells von großer Bedeutung für die „physiologische Fixation" der Baucheingeweide. Die Luft der Magenblase entfaltet unter normalen Verhältnissen einen dem atmosphärischen gleichen Druck (Krause). Dieser im Vergleich zur Umgebung erhöhte Binnendruck des Magens entsteht durch die aktiven Kontraktionen der Magenwände. Bei Atonie des Magens kann er daher nicht zustande kommen, so daß dann der Magenfundus in der Hauptsache dem negativen Druck des Subdiaphragmalraumes ausgesetzt ist. „Die unter dem Einfluß des negativen Druckes stehenden

Hohlorgane sind eher zur Vergrößerung ihres Umfanges fähig, als zu dessen Verkleinerung, d. h. der negative Druck ist bestrebt, die Wände der Hohlorgane gleichsam zu dehnen, wobei deren Kontraktion eine relativ größere Muskelkraft erfordert" (Krause). Der negative Druck im Subdiaphragmalraum fördert die Dehnung des Magenfundus. Das tätige Zwerchfell erhöht den Druck im Subdiaphragmalraum mit seinem Tiefertreten während der Inspiration und verhindert so die Dehnung des Magenfundus; sein exspiratorisches Höhertreten sichert die physiologische Fixation des Magens.

IV. Das erschlaffte Zwerchfell.

1. Der pathologisch-anatomische Befund.

Das linke Zwerchfell ist hochgradig gedehnt und verdünnt, es reicht meistens bis in die Höhe des 2. Intercostalraumes, während seine Insertion an der unteren Thoraxapertur immer normal ist. Dieses Zwerchfell ist farblos oder grau-weiß gefärbt und grenzt mit scharfer Linie an die rote, gesunde, rechte Zwerchfellkuppe; es ist so dünn und schlaff, daß es sich allen Unebenheiten der Organe unter ihm, die durch das farblose Zwerchfell hindurchschimmern, anlegt.

Die Muskelfasern sind manchmal in der ganzen Ausdehnung der Zwerchfellkuppe, manchmal nur in ihrem unteren Drittel noch mit freiem Auge sichtbar; meistens sind sie so weitgehend der Degeneration und Inaktivitätsatrophie anheimgefallen, daß sie nur noch im mikroskopischen Bilde zu sehen sind: Pleura und Peritoneum sind normal erhalten, dazwischen liegt eine Schichte atrophischer oder fettig degenerierter Muskelfasern, die meistens in den Randteilen des Zwerchfells noch deutlicher sichtbar sind: fettig degenerierte oder spärliche und verschmälerte Muskelfasern, deren Kerne vermindert, vermehrt oder zu Klumpen geballt liegen; zwischen diesen atrophischen Muskelfasern liegen oft lange Reihen von Fettzellen, die den gleichen Raum beanspruchen, den früher die Muskelfasern ausfüllten, so daß mitunter das Bild einer Pseudohypertrophie entsteht. Das relaxierte Zwerchfell kann dann, besonders in seinem unteren Teil, normal dick erscheinen, 3—4 mm, während es im mittleren und oberen Kuppelteil immer ganz besonders dünn, 1 mm, ist und nur noch an vereinzelten Stellen Reste von Muskelfasern erkennen läßt. Mitunter sind auch weder atrophische Muskelfasern noch Fett zwischen Pleura und Peritoneum eingelagert, sondern nur Bindegewebe, so daß das Zwerchfell weißlich aussieht, als „fascienartig" oder „narbenähnlich" bezeichnet und einem Bruchsack sehr ähnlich wird.

Im Gegensatz zu der in der Literatur beinahe erschöpfend behandelten Symptomatik der Relaxatio sind Sektionsberichte — 12 — äußerst selten und unvollkommen. Der N. phrenicus ist nur in sieben Fällen, darunter in keinem einzigen Fall einer Relaxion bei Neugeborenen, beobachtet worden. Noch seltener wurde er histologisch untersucht. In vier Fällen war der Phrenicus hochgradig verändert: er war dünner, mehr grau verfärbt und schlaffer als der rechtsseitige Nerv. Die mikroskopische Untersuchung ergab Schwund

der Nervenelemente und deren Ersatz durch Bindegewebe. In zwei Fällen (Beltz, Neumann) war er in Schwielen der Pleura und des Perikards eingebettet und nicht weiter zu verfolgen.

Die Lunge zeigt meistens keine Zeichen einer Kompression; oft hat die linke Lunge drei Lappen.

Das Herz ist nach rechts, in einem Fall von Kenner, Weiss und Pesek nach links und rückwärts verlagert, ohne typischen pathologischen Befund.

Der Magen liegt hoch oben in der erschlafften Zwerchfellkuppe und ist sehr oft mit ihr verwachsen; er ist immer stark dilatiert, meistens auch deformiert und bis zu 180° um seine eigene Achse gedreht. An Knickungs- und Torsionsstellen sowie an seiner Verwachsungsstelle mit dem Zwerchfell werden recht häufig Ulcera beobachtet (Kienböck, Wieting).

Ein Teil des Dickdarms, die flexura lienalis, ist in den allermeisten Fällen ebenfalls stark gedehnt und kranialwärts verlagert; sie liegt lateral vom Magen, zwischen ihm und der Thoraxwand.

Oft werden gleichzeitig andere Anomalien und Mißbildungen beobachtet. Multiple Bruchanlagen werden von Eggeling (1912) berichtet, linke Dreilappenlunge wurde in mehreren Fällen beobachtet, Isthmus der Aorta, gleichzeitig Abnormitäten der Baucharterien und linke Dreilappenlunge konnte Motzfeldt (1913) feststellen.

2. Dysfunktion.

Das erschlaffte Zwerchfell ist atonisch, atrophisch und daher funktionsunfähig; seine Dysfunktion soll nun nach der gleichen Einteilung, wie vorher seine normale Funktion, besprochen werden.

Das erschlaffte Zwerchfell und die Lage seiner Nachbarorgane.

Die Dislokalisation des Zwerchfells selbst kann als die erste Folge seiner Dysfunktion aufgefaßt werden: das Zwerchfell kann sich nicht mehr kontrahieren und so seine wichtigste Aufgabe, eine sich versteifende Scheidewand zwischen Bauch- und Brusthöhle zu bilden, nicht erfüllen. Anstatt aktiv in die Tiefe zu treten wird es passiv weit in den Thoraxraum vorgewölbt und gedehnt und schließlich durch die Dehnung noch mehr geschwächt, verdünnt und maximal gedehnt in seiner verlagerten Stellung verharren. Die Kuppe des relaxierten Zwerchfells kann die Höhe der 3., 2., ja sogar der 1. Rippe erreichen. Die Verlagerung des Zwerchfells ermöglicht erst die Verlagerung und verursacht damit auch die Dysfunktion seiner Nachbarorgane.

Das erschlaffte Zwerchfell und die Atmung.

Da der Einfluß des normalen Zwerchfells auf die Atmung nicht groß ist, werden auch ungünstige Wirkungen seiner Dysfunktion nicht zu erwarten sein. Die Erfahrungen bei der künstlichen Lähmung des Zwerchfells haben gezeigt, daß sekundäre Erkrankungen der Luftwege und Atmungsorgane durch die Ruhigstellung und den

Hochstand des Zwerchfells nicht zu befürchten sind. Das Aushusten ist in keiner Weise erschwert, es ist sogar erleichtert: die Expektoration ist eine forcierte Ausatmung, zu der Anspannung der Bauchmuskeln und Erschlaffung des Zwerchfells notwendig sind (L a n g e).

Im Kindesalter ist entsprechend der größeren physiologischen Bedeutung des Zwerchfells für die Atmung auch seine Dysfunktion bedeutungsvoller: die Lähmung eines Zwerchfells wird recht häufig als Folge eines Geburtstraumas (nach Zangengeburt, oft gleichzeitige Plexuslähmung) beobachtet. T y s o n und B o w m a n berichten von zwölf Fällen: Die Symptome sind Cyanose und Atemnot, im Röntgenbild sieht man paradoxe Beweglichkeit des Zwerchfells. Meist besteht auch Plexuslähmung. Die Kinder sind gegen Infektion der Atmungsorgane sehr empfindlich. Die Mortalität beträgt 16 %.

Das erschlaffte Zwerchfell und der Blutkreislauf.

Gemäß der Bedeutung die manche Autoren dem Zwerchfell für den Blutkreislauf beimessen (M e t t e n l e i t e r, S t r u k o w, C a l l e n d e r, D i l l o n) müßte die Funktionsuntüchtigkeit des Zwerchfells Störungen seitens der Zirkulation und des Herzens zur Folge haben. Die Klinik der Relaxatio diaphragmatis weist darauf hin, daß die Bedeutung des Zwerchfells in dieser Hinsicht überschätzt wird. Herzbeschwerden sind selten und dann nur gering und auf die Verlagerung des Herzens zurüchzuführen, die manchmal hochgradig ist.

Das erschlaffte Zwerchfell und der Magendarmtrakt.

Die Dysfunktion des Zwerchfells wirkt sich auf den Magendarmtrakt ganz besonders ungünstig aus. Schon allein die Verlagerung von Magen und Darm muß Erscheinungen der Dysfunktion dieser Organe zur Folge haben. „Das normale Zwerchfell hat ansaugende und auspressende Wirkung auf den Magen und die Flexura lienalis" (D i l l o n). Das Zwerchfell kannn nun die Luft aus Magen und Darm nicht mehr auspressen; die Luft wird sich daher ansammeln und weitere Funktionsstörungen (Obstipation, Meteorismus) verursachen.

Der Druck in der Bauchhöhle ist ja schon normalerweise nicht überall gleich. Die ansaugende Wirkung des Zwerchfells beruht auf dem negativen Druck im Subdiaphragmalraum und gewährleistet die „physiologische Fixation" des Magens und der Milz. Nach N. J. K r a u s e (1927) entspricht die Druckverteilung in der Bauchhöhle der Druckverteilung in einem künstlichen, den natürlichen mechanischen Verhältnissen nachgebildeten Modell bei folgendem Versuch:

„Wenn man eine längliche, viereckige, luftdicht verschlossene Schachtel, deren eine Wand durch eine dünne Gummiplatte ersetzt ist, in wagerechter Stellung mit Wasser füllt und sie dann senkrecht aufstellt, so nimmt die Gummiplatte eine eigentümliche S-förmige Gestalt an: die obere Hälfte ist eingezogen, die untere vorgewölbt (Abb. 1). Wenn man den Druck in beliebiger Weise mißt, so kann man sich davon überzeugen, daß im Bereiche des konkaven Teiles derselbe negativ und im Bereiche des konvexen Teiles positiv ist. Das Null des Manometers liegt unmittel-

bar über der Übergangsstelle der beiden Teile ineinander. Der Druckwert in dieser oder jener Höhe ist die Resultante folgender Komponenten: zweier konstanten, voneinander unabhängigen — des hydrostatischen Druckes der Wassersäule und des atmosphärischen Druckes — und zweier unbeständigen, voneinander abhängigen — des Grades der elastischen Spannkraft der Gummiplatte und der Flüssigkeitsmenge. Der Druck wechselt entsprechend der Veränderung der beiden letztgenannten Faktoren; so wächst z. B. der positive Druck an, der negative dagegen verringert sich, wenn man die Flüssigkeitsmenge vergrößert bzw. den Grad der elastischen Spannung der Platte erhöht" (N. J. Krause).

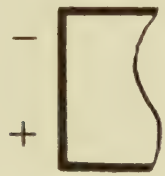

Abb. 1.

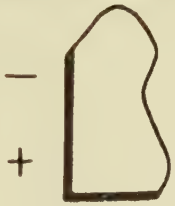

Abb. 2.

Wollen wir nun dieses Modell den Verhältnissen bei der Relaxion des Zwerchfells anpassen, so müssen wir die obere, ursprünglich starre Wand nun auch durch eine nachgiebige Membran, die ja das erschlaffte Zwerchfell auch wirklich darstellt, ersetzen (Abb. 2):

Wir sehen, daß sich der Druck im Subdiaphragmalraum noch weiter erniedrigt haben muß, gleichgültig ob der Druck im Unterbauch, der normalerweise schon sehr verschieden sein kann — gering negativ und nur im Vergleich zum Druck im Subdiaphragmalraum positiv oder wirklich positiv, je nach dem Füllungszustand der Eingeweide und der Spannung der Bauchmuskulatur —, vielleicht sogar infolge der bestehenden Obstipation gestiegen ist.

Die Erniedrigung des negativen Druckes im Subdiaphragmalraum hat natürlich eine Steigerung der normalen ansaugenden Wirkung des Zwerchfells zur Folge. Die Luftblase im Magen, ebenso die Luftansammlung in der Flexura lienalis wird also infolge Nichtaustreibung einerseits und außerdem vermehrter Ansaugung andererseits vergrößert werden. Der Druck in der Magenblase kann mehrere Atmosphären (Reich 1923) — normalerweise beträgt er eine Atmosphäre — betragen; der Unterschied zwischen Mageninnendruck und Druck im Subdiaphragmalraum ist daher enorm vergrößert, der Magen wird infolgedessen das Zwerchfell noch weiter hochdrängen, dehnen und schwächen, dadurch wird wieder der negative Druck im Subdiaphragmalraum noch weiter erniedrigt, kurz: es entsteht ein Circulus vitiosus zwischen Zwerchfellhochstand — gesteigerter ansaugender Wirkung des Zwerchfells — Erniedrigung des negativen Druckes im Subdiaphragmalraum — Erhöhung des Mageninnendruckes — Vermehrung des Zwerchfellhochstandes.

Die Erniedrigung des negativen Druckes im Subdiaphragmalraum wird bestrebt sein den Magenfundus zu dehnen (s. III h, S. 23)

und so zur Deformation des ohnehin infolge seiner Verlagerung schon deformierten Magens und damit zur Dysfunktion des Magens beitragen; er wird aus dem gleichen Grunde den Darm an der Stelle der Flexura lienalis dehnen und damit schädigen. Die Luftansammlung in der Flexura lienalis wirkt mechanisch wie ein Luftventil und wird daher Anlaß zu Verdauungsstörungen geben.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß die Dysfunktion des Zwerchfells seine eigene Verlagerung, die Dislokalisation und zum Teil auch Dysfunktion seiner Nachbarorgane zur Folge hat, die alle zusammen die Symptomatik der Zwerchfellrelaxion ausmachen. Es ist selbstverständlich, daß erstens diese Symptome nicht für die Relaxatio diaphragmatis beweisend sein können, sondern da sie allein auf die Funktionsuntüchtigkeit des Zwerchfells zurückzuführen sind, auch bei allen Krankheiten die mit Funktionsuntüchtigkeit eines Zwerchfells einhergehen, auftreten können und daß zweitens die Schwere der Symptome weitgehend von dem Grade und in keiner Weise von der Ursache der Funktionsuntüchtigkeit des Zwerchfells abhängig sein wird.

Die Erkrankungen des Zwerchfells die hier differentialdiagnostisch in Betracht kommen sind seine Lähmung und Hernien. Nach dem Gesagten ist es klar, daß die Symptome der Relaxion und der Lähmung überhaupt nur solange voneinander zu unterscheiden sein werden, wie der Grad der begleitenden Dysfunktion des Zwerchfells ein verschiedener ist, und daß z. B. eine große Hernie, obwohl ihrem Wesen nach etwas ganz anderes, in ihrem klinischen und röntgenologischen Erscheinungsbild einer Relaxion des Zwerchfells viel ähnlicher sein kann als einer kleinen Hernie mit enger Bruchpforte.

Trotz dieser differentialdiagnostischen Schwierigkeiten die sich aus der Ähnlichkeit der Symptomenkomplexe ergeben wird es mit Hilfe mehrerer Röntgenbilder in verschiedenen Richtungen und Durchmessern, unterstützt von sorgfältiger Funktionsprüfung des Zwerchfelles vor dem Röntgenschirm, die es ermöglicht verschiedene Grade der Funktionsstörung voneinander abzugrenzen, meistens doch möglich sein die Differentialdiagnose richtig zu stellen.

3. Klinisches Erscheinungsbild.

Das klinische Erscheinungsbild der Relaxatio ist äußerst abwechslungsreich und von dem Ausmaß der Verlagerungen, ihrer Art und von der Geschwindigkeit, mit der sie erfolgten, abhängig: hochgradige Verlagerung wird eher auch Dysfunktion der betreffenden Organe zur Folge haben. Die Art der Verlagerung, ob nur Verlagerung oder auch gleichzeitig Drehung um die eigene Achse des betreffenden Organs (des Magens!) erfolgte, wird, freie Beweglichkeit vorausgesetzt, einerseits von nicht zu übersehenden Zufälligkeiten abhängen, andererseits die verhängnisvollsten Folgen für den Krankheitsträger haben können. Endlich wird langsam fortschreitende Verlagerung dem betreffenden Organ (Herz) die Möglichkeit zur funktionellen Anpassung geben.

Subjektive Symptome.

Zwerchfell: Schmerzen im Gebiet der unteren Zwischenrippennerven oder die typischen Schulterschmerzen, infolge Dehnung der serösen Zwerchfellüberzüge, treten nur auf, wenn die Verlagerung — und daher Dehnung — des Zwerchfells sehr schnell erfolgte; sie sind daher selten.

Lunge: Keine.

Herz: Druckgefühl in der Brust, als Folge der Anpressung des Herzens durch das hochstehende Zwerchfell an die vordere Brustwand. Atemnot und Herzklopfen, als Folge der Reizung der Herzspitze (Dillon); sie sind im allgemeinen selten.

Speiseröhre: Dysphagie, als Folge der Verschiebung und häufig auch der Umbiegung des distalen Endes der Speiseröhre kranialwärts in Richtung des Magens.

Magen: Schmerzen infolge Verlagerung des leeren Magens, die nach dem Essen verschwinden, weil das Gewicht der Nahrung den Magen in seine normale Lage zurückzieht, werden selten beobachtet (Petit 1700, Birgfeld 1930); meistens treten Völlegefühl, Magenschmerzen, auch Beklemmungsgefühl oder Herzbeschwerden — infolge des Druckes des vollen Magens gegen das Herz — nach dem Essen auf. Die Beschwerden können sich bis zu Übelkeit, Erbrechen, sogar Ohnmacht (Assmann) steigern.

Darm: Verstopfung.

Die Beschwerden von seiten des Magendarmtraktes sind weitaus die häufigsten und stehen auch in den einzelnen Fällen im Vordergrund. Herzbeschwerden sind im allgemeinen selten, werden aber von Dillon in recht vielen Fällen erwähnt.

Es handelt sich meistens um geringere bis mittelgradige Schmerzen die sich im wesentlichen immer gleich bleiben, aber durch körperliche Anstrengungen gesteigert werden können, so daß die Kranken in sportlicher und beruflicher körperlicher Tätigkeit behindert sind.

Objektive Symptome.

Der Brustkorb ist in allen Fällen symmetrisch entwickelt.

Zwerchfell: Das Littenphänomen fehlt; es ist auch normalerweise nicht immer deutlich zu sehen (bei mageren Menschen deutlicher als bei dicken). Es ist der sichtbare Ausdruck für die Ausfüllung des Komplementärraumes bei der Inspiration, gibt aber über Stand und Bewegung der Zwerchfellkuppen keinen Aufschluß.

Die Perkussion ergibt, daß die Lungengrenze entsprechend dem Zwerchfellstand kranialwärts verschoben ist und die Herzdämpfung nach rechts verbreitert erscheint; wo normalerweise noch Lungenschall sein sollte ist Tympanie oder Dämpfung. Die Auskultation läßt abgeschwächte Atemgeräusche, sehr oft auch Succussio Hippokratis und Borborygma hören. Der Befund verändert sich mit verschiedener Lagerung des Kranken falls keine Verwachsungen bestehen.

Morison (1926) registriert die Atembewegungen der Thoraxwand mit Hilfe des von Swiney konstruierten „respiratory jacket" und will danach erkennen, ob es sich um eine kongenitale oder erworbene, die er

der einseitigen Phrenicuslähmung gleichsetzt, Relaxatio handelt. Bei der kongenitalen Relaxion findet er eine Verminderung der Bewegungen der Thoraxwand — über der 10. Rippe Bewegungslosigkeit, über der 5. Rippe mäßig verminderte, über der 2. Rippe sehr verminderte Bewegung —, bei der erworbenen Relaxatio durchwegs vermehrte Atembewegungen der Thoraxwand.

Herz: Verbreiterte Herzdämpfung, Arythmie, Extrasystolen.

Speiseröhre: Die häufig beobachtete Umbiegung des distalen Endes der Speiseröhre in Richtung des verlagerten Magens erschwert die iEinführung einer Magensonde und gibt zu Fehldiagnosen — Oesophaguscarcinom — (Otten und Schefold) Anlaß.

Magen: Messung des Mageninnendruckes.

Diese Methode wird von Hildebrand und Hess als Differentialdiagnostikum zwischen Relaxatio und Hernia diaphr. angegeben. Sie gingen davon aus, daß der manometrische Druck der Organe in der Bauchhöhle bei jedem Akt der Atmung zuerst fällt und dann steigt, während er in der Brusthöhle beim Inspirium nur fällt und beim Exspirium nur steigt. Da die genannten Autoren eine doppelte Schwankung des Druckes im Magen in ihrem Falle feststellen konnten, wurde die Diagnose „Eventratio diaphr." gestellt, die von Eggeling bei der Sektion bestätigt wurde. Dieser eine Fall einer richtigen Diagnose ist nicht beweisend für die Zuverlässigkeit einer Methode, wenn die Wahrscheinlichkeit die richtige Diagnose zu stellen ohnehin 50% beträgt. Die Sektion ergab, daß das Zwerchfell der linken Seite zwar sehr dünn, Muskelfasern aber überall noch deutlich makroskopisch sichtbar waren. Es ist anzunehmen, daß ein vollkommen relaxiertes Zwerchfell, in dem Muskelreste nur noch mikroskopisch nachzuweisen sind und das daher makroskopisch dasselbe Aussehen wie der Bruchsack einer Zwerchfellhernie hat (s. IV 4, S. 36), auch funktionell diesem gleichen muß und auf die Druckverhältnisse in Brust- und Bauchfell keinen Einfluß mehr haben kann. Im Falle einer Relaxatio sind daher normale Druckverhältnisse überhaupt nicht zu erwarten, da ja das Zwerchfell keine vollwertige Scheidewand zwischen Brust- und Bauchhöhle mehr darstellt. Der Druck im Magen ist aber, wie schon früher (s. IV 2, S. 26, 27) eingehend geschildert wurde, von so vielen Faktoren abhängig (Zwerchfell, Druck im Subdiaphragmalraum, Luftblase, Muskulatur der Magenwand, nervöse Einflüsse), daß er wohl kaum eine geeignete Basis für eine differentialdiagnostische Methode darstellt.

Dillon konnte mit dieser Methode zu keinen bestimmten Schlüssen kommen und schreibt: „Bekanntlich hat Schreiber eingehend bewiesen, daß im Magen ein ebensolcher negativer Druck und auf diese Weise auch dieselben respiratorischen Schwankungen wie im Thorax bestehen können."

Der röntgenologische Befund.

Das erschlaffte Zwerchfell ist im Röntgenbilde als dunkle Bogenlinie sichtbar, die das hellere Lungenfeld von der ebenfalls hell erscheinenden Magenblase trennt. Diese meistens glatt durchgehende Bogenlinie hat die Form einer Hyperbel und kann entsprechend dem Zwerchfellhochstand sogar in Höhe des 2. Interkostalraumes gelegen sein; ihre Dicke, meistens 2—3 mm (Hitzenberger 1927) hängt von dem Krümmungsgrad des Zwerchfells ab (Reich); sie ist bei starker Krümmung dünn, bei schwacher dick. Die Bogenlinie erscheint auch manchmal unterteilt (Wels), denn das hochgradig atrophische

Zwerchfell paßt sich eben jeder Unebenheit der Organe die unter ihm liegen, an (Schinz-Baensch-Friedl).

Vielheit der Bogenlinie. Zwei oder mehrere konzentrische oder einander kreuzende Bogen werden oft beobachtet und auch nach ihrer Bewegung und Veränderlichkeit verschieden erklärt.

Der Doppelbogen (Arnsperger 1908) besteht aus zwei konzentrischen oder sich überschneidenden Bogenlinien und wird von manchen Autoren dahingehend aufgefaßt, daß der obere Bogen das Zwerchfell, der untere die Magenwand darstelle.

Glaessner (1916) stellt in einem Fall, der später von Freud und Horner (1922) als Hernie erkannt und durch die Operation einwandfrei bestätigt wird, auf Grund dieses Symptoms die Fehldiagnose „Relaxatio diaphr."

Nach Assmann und Hitzenberger ist diese Erklärung abzulehnen, da „aus physikalischen Gründen zwischen Zwerchfell und Magen kein unausgefüllter Raum entstehen kann". Assmann und Dillon erklären die Doppelkonturbildung damit, daß bei der Überdehnung des Zwerchfells einzelne Abschnitte stärker, andere schwächer ausgebuchtet werden und dadurch Stufenbildung entsteht.

Die Veränderlichkeit des Doppelbogens wird von Assmann differentialdiagnostisch verwertet. Sie ist beweisend für Relaxatio, wenn sie von der Atmung abhängig und eine der respiratorischen Zwerchfellteilung entsprechende Form nachzuweisen ist; ist die Doppelkonturbildung vom Rhythmus der Atmung unabhängig, dann ist sie auf peristaltische Wellen der großen Curvatur des Magens, der nach oben verlagert und gedreht ist, so daß seine große Curvatur gegen das Lungenfeld gerichtet ist, zurückzuführen.

Hitzenberger beschreibt Vielheit konzentrischer und einander kreuzender Zwerchfellbogen, die immer eine Bewegung und Veränderlichkeit, die vom Atemrhythmus unabhängig ist, zeigen und auf peristaltischen Bewegungen der großen Curvatur des Magens beruhen. Dillon fand, daß die Vielgestalt der sichtbaren Bogen bei der Relaxatio unverändert blieb, während sich die Bogen bei der Hernie fortlaufend änderten und dann auf peristaltische Bewegungen der Magenwand zurückzuführen waren.

Vervielfältigung der Bogenlinie „Phénomène du feston" (Maingot 1912) findet sich nach Abbreu (1921) bei 80% der Gesunden, es ist ihr daher keine pathognomische Bedeutung beizumessen (Dillon); nach Thomas (1922) ist die Ungleichmäßigkeit der Zwerchfellinie und die Vielheit der Bogen durch die anatomische Beschaffenheit, und zwar die ungleiche Länge der verschiedenen Zwerchfellabschnitte, bedingt.

Atembewegungen. Das erschlaffte Zwerchfell kann geringe, normalsinnige, gar keine oder paradoxe Atembewegungen zeigen.

Die geringen normalsinnigen Bewegungen sind nur dann als aktive Bewegungen aufzufassen wenn noch Muskelreste vorhanden, das Zwerchfell noch nicht vollkommen degeneriert ist (Schintz-Baensch-Friedl, Dillon, Assmann, Leendertz).

Glaser (1903) beschreibt einen Fall der wegen Verdachtes einer Hernie operiert wurde und bei dem während der Operation Kontraktionen der muskulösen Platte bei der Atmung zu fühlen waren. Da es sich um eine Relaxatio handelte wurde keine therapeutische Operation (1903!) ausgeführt. Später traten paradoxe Zwerchfellbewegungen auf. Nach einem Jahr starb der Kranke an Zungenkrebs, bei der Sektion erschien das Zwerchfell dünn, durchsichtig und so schlaff, daß es sich jeder Unebenheit anpaßte.

Meistens sind die normalsinnigen Bewegungen als passive Zwerchfellbewegungen aufzufassen: Die gesunde Zwerchfellhälfte macht kompensatorisch vergrößerte Bewegungen mit und zieht die kranke kaudalwärts und nach der gesunden Seite hin (Lange). Nach Morison muß jedes gelähmte oder relaxierte Zwerchfell paradoxe Atembewegungen machen; normalsinnige Bewegungen sind immer auf Verwachsungen mit der Lunge zurückzuführen.

Stillstand des Zwerchfells während der Atmung bedeutet, daß die Kraft des Zwerchfells gerade noch ausreicht, um den während des Inspiriums entstehenden zusätzlichen Druckunterschied zwischen Brust- und Bauchhöhle auszugleichen; eine normale Inspirationsbewegung kommt zwar nicht mehr zustande, vollkommene Funktionsuntüchtigkeit besteht aber noch nicht — der Zustand ist daher der Lähmung nicht gleichzusetzen (Felix, Schintz-Baensch-Friedl).

Paradoxe Atembewegungen waren schon Duchenne (1872) bekannt; Kienböck beobachtete ihr Auftreten beim geschlossenen Pneumothorax (1898), seither sind sie als „Kienböcksches Phänomen" bekannt. Kienböck mißt den paradoxen Bewegungen auch differentialdiagnostische Bedeutung bei: sie treten bei Hernien immer auf, bei Relaxionen nicht. Abgesehen davon, daß auch bei Hernien normalsinnige Bewegungen beobachtet werden, falls Verwachsungen an der Bruchpforte bestehen (Assmann, Wieting), wird das Vorkommen von paradoxen Bewegungen bei Relaxionen von den meisten Autoren beschrieben (Chaoul, Schintz-Baensch-Friedl, Assmann, Dillon, Morison, Felix, Hitzenberger, Leendertz, Neumann und viele andere). Nach Chaoul sind Hochstand und paradoxe Bewegungen bei der Relaxatio noch deutlicher als bei der Lähmung. Nach Morison müßten paradoxe Bewegungen in allen Fällen von Relaxion und Lähmung, bei denen keine Pleuraadhaesionen bestehen, auftreten. Dillon fand, daß ein gewisser Grad der Erschlaffung des Zwerchfells Voraussetzung für die paradoxen Bewegungen ist.

Beim Müller'schen Versuch treten die paradoxen Bewegungen deutlicher in Erscheinung. Eine noch empfindlichere Modifikation dieses Versuches ist der Schnupfversuch nach Hitzenberger. Das „Phänomen der exspiratorischen Beschleunigung der Zwerchfellbewegung" (Dillon) beruht auf dem gleichen Prinzip: Die minderkräftige Zwerchfellhälfte leistet dem kranialwärts gerichteten Zug weniger Widerstand.

Einseitige faradische Reizung des N. phrenicus am Halse bewirkt maximale Kontraktion des Zwerchfells und Eröffnung des Sinus

phrenico-costalis (Lange). Das relaxierte Zwerchfell wird auf Phrenicusreizung nur dann tiefer treten wenn der Phrenicus funktionstüchtig ist und wenn noch hinreichend Muskelfasern vorhanden sind, die sich auf den vom Phrenicus fortgeleiteten Reiz hin kontrahieren können; ein Tiefertreten wird daher nur ausnahmsweise zu beobachten sein.

Lunge: Verschattung des Lungenfeldes wird von mehreren Autoren beschrieben (Chaoul, Döring, Dillon u. a.). Von Döring wird ihr auch differentialdiagnostische Bedeutung für einen erworbenen Zustand beigemessen; nach Dillon ist die Verschattung des Lungenfeldes von der Atmungspause abhängig, differentialdiagnostische Bedeutung kommt ihr nicht zu (Reich). Morison findet oft Verschattung des Lungenfeldes über dem Zwerchfellbogen und beschreibt durch die Magenblase hindurch sichtbares Lungengewebe.

Herz: Die Rechtsverlagerung des Herzens ist im Röntgenbild immer deutlich sichtbar; oft wird von einer „Dextrokardie" (Neumann, Krömeke) gesprochen, obwohl Baetge mittels des Elektrokardiagramms nachgewiesen hat, daß eine Dextrokardie unmöglich vorhanden sein kann. Reich spricht von „Dextroposition", während Dillon hervorhebt, daß die Rechtsverlagerung des Herzens bei Relaxion nie so ausgesprochen ist wie sie oft bei linksseitigen Pleuraergüssen, Pneumothorax und bei großen linksseitigen Hernien angetroffen wird. Außerdem beschreibt Dillon die Aortenform des Herzens und Erweiterung des Aortenschattens als typischen Befund bei Zwerchfellrelaxion.

> „Das Zwerchfell geht stark nach oben, das Herz wird dabei nicht nach rechts verlagert, sondern der vorderen Thoraxwand von dem absteigenden vorderen Zwerchfellteil angepreßt. Das Endresultat muß eine totale Verlagerung des Herzens nach oben, eine Drehung, eine Hebung der Herzspitze und außerdem als eine selbstverständliche Folge der Herzverlagerung nach oben, eine Aortenkrümmung — Scoliosis Aorte ascendentis (Boros) — mit einer Erweiterung des Aortenschattens sein. Und erst später, bei verstärkter Zwerchfellverlagerung, kommt die Wirkung des geblähten Magens und der Flexura lienalis hinzu und fängt an das Herz nach rechts zu verlagern. Die Herzgestalt nimmt liegende Eiform an und nähert sich immer mehr der Aortenform" (Dillon).

Speiseröhre: Auch der Oesophagus erscheint nach rechts verlagert, sein distales Ende kranialwärts verbogen; die Schluckbeschwerden und Schwierigkeiten bei der Sondierung werden so verständlich.

Magendarmtrakt: Die große Magenblase und die Gasansammlung in der Flexura lienalis sind typischer und konstanter Befund. Der Magen erscheint immer hochgradig deformiert, erweitert und an manchen Stellen eingeschnürt, so daß die Bilder des Sanduhrmagens und des Kaskadenmagens („Cup and spill type") entstehen können. Zwei und mehr Flüssigkeitsspiegel die wendeltreppenartig übereinanderliegen können werden sehr oft beobachtet.

Die Wismutmahlzeit vor dem Röntgenschirm zeigt deutlich, wie sich zuerst die oberste Magenbucht füllt und dann erst der Brei kaskadenartig in die darunter gelegenen Magenbuchten fällt; Verzögerung der Magenentleerung wird dabei meistens nicht beobachtet (Morison).

Ein Magengeschwür, das als Folge seiner Verlagerung und Deformierung häufig vorkommt, kann ebenfalls im Röntgenbilde sichtbar sein (Wieting, Kienböck, Reich, Schlecht und Wels).

4. Die Differentialdiagnose.

Schematische Skizzen der einseitigen pathologischen Zustände des Zwerchfells (A) und ihre umschriebenen Formen (B).

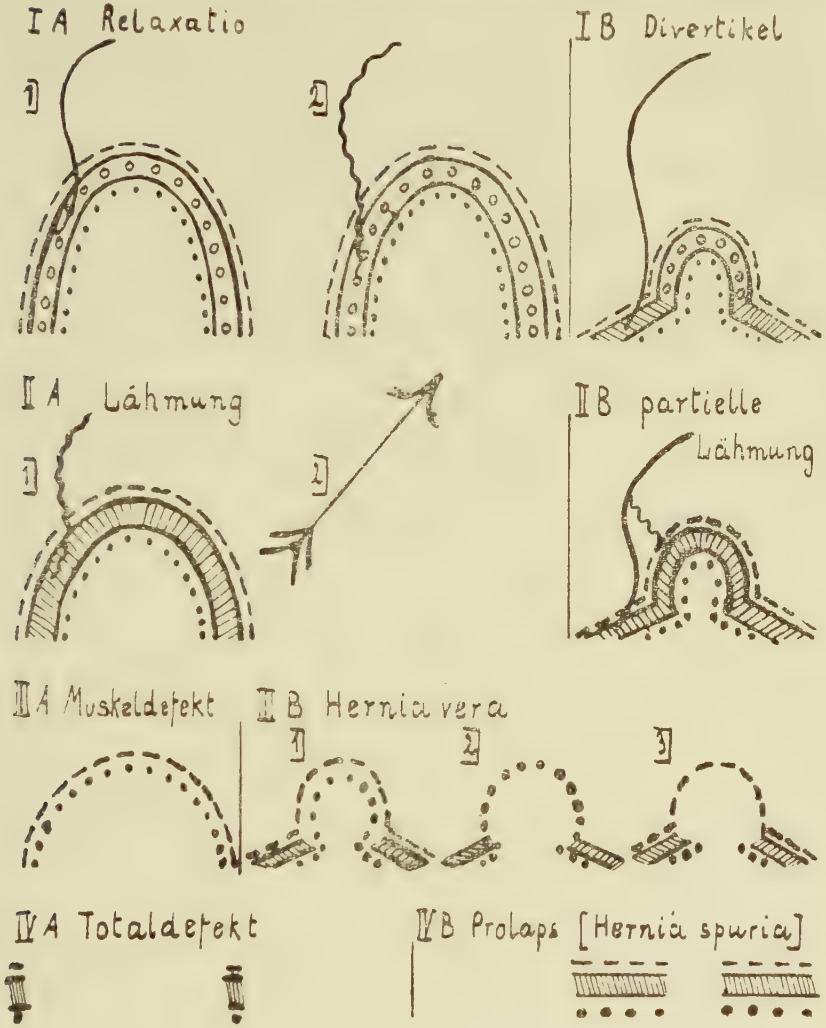

Abb. 3.

Pathologisch-anatomisch.

Relaxatio (Abb. I A, 1 u. 2) und Hernie (Abb. III B, 1, 2, 3 und IV B) sind pathologisch-anatomisch immer voneinander zu unterscheiden. Das relaxierte Zwerchfell ist in allen drei Schichten, Pleura, Muskelschichte und Peritoneum, in seiner Kontinuität erhalten und gleichmäßig in Ausdehnung einer ganzen Zwerchfellhälfte maximal gedehnt. Bei der Zwerchfellhernie liegt eine Kontinuitätstrennung aller drei Schichten, Hernia spuria — eigentlich Prolaps — oder im Falle einer Hernia vera eine Kontinuitätstrennung entweder der Muskelschichte allein oder der Muskelschichte und eines serösen Überzuges vor, so daß durch den Defekt im Muskel das Peritoneum und die Pleura oder nur einer dieser serösen Überzüge von der umschriebenen Stelle des Zwerchfelldefektes, der Bruchpforte, aus in den Thoraxraum verschieden weit vorgewölbt und gedehnt erscheinen kann. Die Größe von Bruchpforte, Bruchsack und die Menge des Bruchinhaltes kann ganz verschieden sein.

Das erschlaffte Zwerchfell kann millimeterdünn und umgekehrt ein Bruchsack durch Organisation von Entzündungsprodukten recht dick erscheinen, ja sogar ein Zwerchfellprolaps, der ein partieller Totaldefekt ist, die „Hernia spuria", kann durch plastische Exsudation Pseudomembranen bilden und so einer Relaxatio, natürlich auch einem Divertikel oder einer wahren Hernie täuschend ähnlich sehen. Nur die mikroskopische Untersuchung kann in solchen Fällen die Entscheidung bringen: sind an irgendeiner Stelle des vermeintlichen Bruchsackes Reste von Muskelfasern nachzuweisen, so ist die Diagnose „Relaxatio" (Abb. I A, 1 u. 2), handelt es sich um eine Ausbuchtung an umschriebener Stelle, „Divertikel" (Abb. I B), gesichert.

Im Gegensatz dazu ist die Differentialdiagnose zwischen Relaxatio und Lähmung (Abb. II A und I A, 2) auch pathologisch-anatomisch nicht zu stellen. Aus der Lähmung kann sich die Relaxatio entwickeln, die beiden Zustände gehen ohne scharfe Grenze ineinander über. Bei der linksseitigen Lähmung beträgt der Höhenunterschied der beiden Zwerchfellkuppen höchstens 8—9 cm, bei der rechtsseitigen 10—12 cm (Uebelhoer), während er bei Zwerchfellrelaxion größer sein kann. Hitzenberger führt zwar an, daß diese Unterscheidung klinisch üblich ist, läßt sie aber nicht gelten, sondern stellt die Differentialdiagnose ausschließlich nach dem mikroskopischen Befund: sind noch atrophische Muskelfasern nachzuweisen, so handelt es sich um eine Lähmung, bei Relaxion ist nur noch Fett und Bindegewebe zwischen den serösen Überzügen sichtbar. Damit zieht Hitzenberger die Grenzen der Relaxion viel enger, als es allgemeinem Brauch entspricht.

Das Verhalten des Phrenicus mag in seltenen Fällen die Differentialdiagnose stellen lassen: wenn der histologische Nachweis gelingt, daß die Nervenfasern bis zu ihrem Eintritt ins Zwerchfell normal waren, handelt es sich um eine Relaxion. Die Nerven-

endigungen im Muskel werden allerdings auch im Fall einer Relaxatio geschädigt sein, so daß theoretisch eigentlich immer auch gleichzeitig eine Lähmung besteht.

Ein recht interessanter, aber zur Differentialdiagnose nicht zu verwertender Unterschied zwischen diesen beiden Zuständen besteht in ihrer Regenerationstendenz: die traumatische Lähmung — sogar die doppelseitige — kann spontan ausheilen, wie ein Fall von Jehn sehr eindrucksvoll beweist. Einem Knaben wurde wegen Tetanus auf beiden Seiten der Phrenicus durchschnitten. Nach sieben Jahren konnte wieder vollkommen normale Zwerchfellfunktion festgestellt werden. Ganz anders die Relaxion: obwohl die mikroskopisch oft sichtbare Kernvermehrung als Regenerationstendenz aufgefaßt werden kann, so kommt es doch nicht einmal zur Neubildung von Muskelfasern (Jamin). Die Relaxion ist eine ausgesprochen chronische Erkrankung, die sich langsam entwickelt und im günstigsten Fall stationär bleiben kann; eine Spontanheilung ist jedoch noch nie beobachtet worden. Die Lähmung kann spontan ausheilen, stationär bleiben oder in Relaxion übergehen.

Es ist interessant und in diesem Zusammenhang zu erwähnen, daß das Zwerchfell nur ganz selten und dann erst sehr spät bei der Dystrophia musculorum progressiva beteiligt ist. Andererseits wird angeborener Muskeldefekt (Abb. III A) gerade an solchen Muskeln beobachtet, die häufig und frühzeitig bei dieser Erkrankung zugrunde gehen, so daß Erb und Damsch den angeborenen Muskeldefekt als das Resultat einer intrauterinen, rudimentären Art der Dystrophia musculorum ansehen; Bing teilt diese Ansicht nicht, meint aber doch, daß zwischen der totalen Bildungshemmung und der angeborenen Anlage zu späterem dystrophischen Untergang nur Intensitätsunterschiede bestehen.

Klinisch.

Nach den subjektiven Erscheinungen ist die Hernie von der Relaxion nicht zu unterscheiden; die Lähmung verursacht wohl nie Beschwerden, verhält sich also wie eine symptomlos verlaufende Relaxatio. Bei dieser liegt die Lungengrenze entsprechend dem Zwerchfellstand höher als bei der Lähmung, und der perkutorische Befund wechselt mit Lageveränderung des Kranken — vorausgesetzt, daß keine Verwachsungen bestehen. Bei Hernien sind die Organe durch die Bruchpforte, besonders wenn sie eng ist, eher fixiert, sehr oft auch außerdem mit ihr verwachsen; sind aber keine Verwachsungen vorhanden und ist die Bruchpforte weit, dann kann sich auch bei einer solchen Hernie der perkutorische Befund mit der Stellung des Kranken schnell ändern. Die Differentialdiagnose wird kaum je nach dem perkutorischen Befund allein zu stellen sein, die röntgenologische Untersuchung ist unerläßlich und führt in den allermeisten Fällen zum Ziel:

Unveränderlichkeit der Bogenlinie des Zwerchfells bei Lagewechsel des Kranken, nach Absaugen der Luft aus dem Magen mittels

eines Magenschlauches, nach Aufblähen eines nicht stark entfalteten Magens, nach Abdrängen des Colon von der lateralen Thoraxwand mittels Kontrasteinlaufes, ist charakteristisch für die Relaxatio (Schintz-Baensch-Friedl).

Beltz (1910) erkannte zuerst den differentialdiagnostischen Wert der Füllung des Magens mit Luft oder Brei: der Magen löst sich, wenn sein Umfang wieder kleiner wird, von der Thoraxwand ab. Dadurch wird bei der Hernie die Bogenlinie kürzer, bei der Relaxatio bleibt der Bogen des Zwerchfells unverändert bestehen; an Stelle des von der Thoraxwand abgerückten Magens treten dann gasgefüllte Darmschlingen, dadurch wird die vorher gerade Linie des Bogens eine gebrochene, deren Höhepunkte von dem unveränderten Bogen des Zwerchfells verbunden sind. Freud und Horner (s. IV 3, S. 31) stellten im Falle von Glaessner auf Grund dieser winkligen Abknickung der von Magen und Darm gebildeten Bogenlinie die richtige Diagnose. Bei der Hernie ist der Winkel den Magen und Darm miteinander bilden offen, bei der Relaxion ist er von dem Bogen des Zwerchfells geschlossen. Assmann weist darauf hin, daß bei der Hernie das Absaugen der Luft oft nicht gelingt und daß auch bei der Relaxatio oft winklige Linienführung zu sehen ist infolge eines sehr schlaffen Zwerchfells oder besonders starker Luftblähung von Magen und Colon. Die Diagnose „Relaxatio" ist gesichert, wenn es gelingt Magen und Zwerchfell getrennt voneinander darzustellen, die Diagnose „Hernie", wenn es gelingt den einen oder anderen Abschnitt des Zwerchfells, der noch normalsinnige Bewegungen macht, zu finden. Elektrische Phrenicusreizung bewirkt die Kontraktion der erhaltenen Zwerchfellabschnitte und kann dadurch die Bruchpforte deutlicher sichtbar machen. In einem Fall von Relaxatio, den Uebelhoer (1928) berichtet, war im Röntgenbild „eine zwingenartige Einschnürung zu sehen, die man als Bruchpforte ansprechen konnte" ,erst bei der Operation konnte die Relaxatio als solche erkannt und operativ beseitigt werden.

Auch Anlegung eines Pneumoperiteum (Rautenberg 1914) wird als Differentialdiagnosticum angegeben: die Luft drängt im Fall einer Relaxion Magen und Darm vom Zwerchfell ab, im Falle einer falschen Hernie, Prolaps, kann ein Pneumothorax entstehen, sofern die Luft durch den Bruchring in den Brustraum zu treten vermag. Ganz abgesehen davon, daß also auch bei einer Hernie Verwachsungen die Entstehung eines Pneumothorax verhindern können, ist diese Methode wegen ihrer Gefahren — z. B. Fall von Schlecht und Wels — unbedingt abzulehnen. Falls die Differentialdiagnose auf röntgenologischem Wege nicht gestellt werden kann, ist die Probelaparotomie angezeigt (Sauerbruch).

Morison schreibt dem Flüssigkeitsspiegel im Magen differentialdiognastische Bedeutung zu: bei der Relaxatio hat der Flüssigkeitsspiegel im Magen das Niveau der Cardia, während bei der Hernie der Magen durch ein Loch im Diaphragma hindurchgetreten sein und

sich im Thorax befinden kann und daher der Flüssigkeitsspiegel jedes beliebige Niveau im Brustraum haben kann.

Da selbst pathologisch-anatomisch Lähmung und Relaxion nicht streng voneinander zu trennen sind, ist natürlich auch eine exakte Unterscheidung auf röntgenologischem Wege nicht zu erwarten. Nach Chaoul gleicht die Relaxatio ihrem Wesen nach der Lähmung, doch sind bei ersterer die Erscheinungen des Hochstandes und der paradoxen Bewegungen noch ausgesprochener. Im allgemeinen wird bei extremem Hochstand und erheblicher Verlagerung der Baucheingeweide die Diagnose „Relaxatio" gestellt.

Das Röntgenbild wird auch noch durch Pleuraadhaesionen verwirrt; sie können der Relaxatio oder noch mehr ihrer zirkumskripten Form, dem Divertikel, täuschend ähnlich sehen; das Divertikel stellt im Röntgenbild eine birnförmige Ausbuchtung dar, die wiederum einer Hernie sehr ähnlich sein kann. Bei der Relaxatio und bei der Lähmung bleibt die Form des Zwerchfellbogens immer die einer Hyperbel — maximale Exspirationsstellung —, während bei Pleuraadhaesionen, auf Phrenicusreizung, manchmal schon beim inspiratorischen Tiefertreten des Zwerchfells, zipfelige Ausziehungen sichtbar werden, die „zeltförmige" Bilder ergeben. Mehrere Beobachtungen der hiesigen Klinik zeigten diese umschriebene Vorwölbung des Zwerchfellbogens im Röntgenbild, die differentialdiagnostisch auch an Zwerchfelldivertikel denken ließen; jedoch waren alle diese Beobachtungen auf Pleuraadhaesionen zurückzuführen.

5. Relaxatio diaphr. dextra.

Die rechtsseitige Relaxatio wird nur in acht Fällen in der Literatur beschrieben; kein einziger Fall ist durch die Sektion bestätigt. Auch genauere Angaben einer sorgfältigen Untersuchung fehlen in den meisten Fällen, so daß man sich des Eindruckes, daß manche dieser acht Fälle eigentlich Lähmungen sind, nicht erwehren kann. Nach Hitzenberger existiert eine rechtsseitige Relaxion überhaupt nicht. Jedenfalls ist die angegebene Zahl der Fälle nur als beiläufig anzusehen.

Zwei dieser acht Fälle sind Spätfolgen eines Traumas.

Sechs Jahre nach einem Sturz steht die rechte Zwerchfellkuppe im 3. Intercostalraum (Fatou, Lucy et Prévost 1928).

Vier Jahre nach künstlicher Phrenicuslähmung steht die rechte Zwerchfellkuppe in Höhe der 3. Rippe (Kenner, Weiss und Pesek 1933).

In zwei Fällen füllte die Leber die rechte Zwerchfellkuppel aus (Bayne-Jones 1916, Nicolaysen 1925).

In drei Fällen war ein Darmteil zwischen Leber und Zwerchfell verlagert (Wessler und Jaches 1923, Armani 1926, Dillon 1928).

Die Beschwerden sind natürlich viel geringer als bei der linksseitigen Relaxatio, da Magen und Herz wenig in Mitleidenschaft gezogen sind. Ein Fall bildet hier eine Ausnahme:

Kenner, Weiss und Pesek schreiben: Das Herz war nach der kranken Seite und nach aufwärts gezogen, so daß es unter der Leber lag;

es bestand Dyspnoe, Meteorismus und Obstipation. Trotz Anwendung von Herzmitteln trat unter Erscheinungen hochgradiger Dyspnoe Exitus letalis ein.

In den meisten Fällen besteht Meteorismus und Obstipation. Der Fall von Nicolaysen ist vollkommen beschwerdefrei, ein röntgenologischer Zufallsbefund.

6. Pathogenese.

Die Zwerchfellrelaxion kann eine Mißbildung sein, sie kann auf degenerative Prozesse im Zwerchfellmuskel zurückzuführen sein und schließlich aus jeder Zwerchfellähmung hervorgehen.

Als Mißbildung entsteht sie infolge minderwertiger Anlage, unzulänglicher Wachstumsenergie oder fehlerhaftem Einwachsen des 3., 4. und 5. Cervicalmyotoms in das Septum transversum, das primäre Zwerchfell. Während der Thorax äußerlich immer symmetrisch entwickelt ist, lassen sich oft verminderte Wachstumsenergie und Wachstumsstörungen linksseitiger Organteile feststellen; die linke Lunge ist sehr oft besonders klein und in drei Lappen unterteilt, auch der linke Leberlappen wird von Doering (1902) und Eggeling (1912) als auffallend klein beschrieben.

Diese Bildungsanomalie des Zwerchfells entsteht während des intrauterinen Lebens; ebenso kann auch eine Muskeldegeneration oder Phrenicuslähmung schon in dieser Zeit zur Entwicklung kommen. Doch ist anzunehmen, daß der regelrechte Zwerchfellhochstand erst während des extrauterinen Lebens gleichzeitig mit dem Elastizitätszug der Lunge zur Ausbildung gelangt: der intrathorakale Druck beträgt eine Atmosphäre, vermindert um den Elastizitätszug der Lunge. „Dieser negative Druck ist im intrauterinen Leben noch nicht vorhanden, und ebenso fehlt er bei Kindern, die tot geboren werden oder kurz nach der Geburt, ohne geatmet zu haben, sterben. Der negative Druck entsteht also mit dem ersten Atemzuge“ (Sauerbruch 1904). Im intrauterinen Leben kann ein Druckunterschied zwischen Brust- und Bauchhöhle nicht bestehen und somit eine Kraft, die das tonuslose Zwerchfell aus seiner Gleichgewichtslage in den Thoraxraum vorwölbt, nicht vorhanden sein.

Die auf eine Zwerchfellhälfte beschränkten degenerativen Erscheinungen im Zwerchfellmuskel treten wohl hauptsächlich im Anschluß an eine Muskelentzündung auf. Die Myositis diaphragmatica entsteht fortgeleitet aus der Umgebung, also bei Pleuritis diaphr. und Peritonitis diaphr. Die Entzündung der serösen Zwerchfellüberzüge greift auf lymphatischem Wege auf den Muskel selbst über und bewirkt dessen Degeneration; auch der Phrenicus kann an dem Entzündungsvorgang beteiligt sein und so das Entstehen der Atrophie begünstigen.

Die Entstehung einer Relaxatio hängt wahrscheinlich von dem Grad der Muskeldegeneration ab, denn histologische Untersuchungen von Callender, Falkenstein und in neuerer Zeit von Strukow (1931) beweisen, daß sehr häufig erhebliche degenerative

Veränderungen beider Zwerchfellmuskel ohne Hochstand beobachtet werden.

Zwerchfellrelaxion nach künstlicher Lähmung wurde bisher nur in ganz wenigen Fällen beobachtet, trotzdem lassen gerade diese Fälle allgemeine Rückschlüsse auf die Entstehung der Relaxatio zu: denn hier sind die pathologischen Veränderungen des Zwerchfells selbst und der übrigen Faktoren, die seinen Höhenstand beeinflussen, vom Beginn der Zwerchfellähmung an im Röntgenbilde zu verfolgen und lassen daher die Pathogenese der Relaxatio beinahe so deutlich wie im Experiment erkennen.

Der Spannungszustand des Zwerchfells wird von seinem Tonus und von der Wirkung mechanischer Kräfte seiner Umgebung bestimmt. Mit Lähmung seiner motorischen Innervation hat das Zwerchfell seinen Tonus verloren, die Wirkung der mechanischen Kräfte seiner Umgebung ist erhalten geblieben und damit auch ein Teil seiner Spannung.

Diese Spannung, die nach Zwerchfellähmung noch zu beobachten ist, hielt Kuré für den Tonus des Zwerchfells und gründete darauf eine Theorie der Entstehung der Relaxatio und eine Tonustheorie (s. III g, S. 19). Felix hat die Unhaltbarkeit dieser Theorie nachgewiesen, indem er experimentell zeigen konnte, daß die Spannung des Zwerchfells, die nach motorischer Lähmung noch vorhanden ist, nicht auf dessen Tonus — denn dieser gelangt auf dem Wege der motorischen Innervation, also des N. phrenicus, zum Zwerchfell — beruht, sondern von Kräften, die aus der Umgebung auf das Zwerchfell einwirken, herrührt.

Diese Kräfte, die außer der Innervation noch den Zwerchfellstand bestimmen, sind der Lungenzug, der Seitenzug der normalen Zwerchfellhälfte und der Druck der Bauchorgane (Felix). Der Seitenzug des normalen Zwerchfells ist beim Menschen so gering, daß er bei dieser Betrachtung vernachlässigt werden kann. Es sind also Lungenzug und Druck der Baucheingeweide, die den Höhenstand des gelähmten Zwerchfells bestimmen, und von ihrem Verhalten hängt es ab, ob eine Lähmung als solche bestehen bleibt oder ob sich eine Relaxion aus ihr entwickelt; den klinischen Erfahrungen nach kommt dem Druck der Baucheingeweide die größere Bedeutung zu:

Der gesteigerte Innendruck der Baucheingeweide tritt bei allen Relaxionen — gleichgültig welcher Genese — als typischer und konstanter Befund, klinisch, röntgenologisch und auch subjektiv in Erscheinung.

Manche Autoren haben daher der großen Magenblase und dem Megakolon ätiologische Bedeutung beigemessen (Quenu und Fatou, Hoffmann). Doch kann nach Voorhoeve (1927) das normale Zwerchfell große Mengen Gas aus einem durch Gase stark gedehnten Magen entfernen. Nach den Versuchen von Rosenfeld war es durch Aufblähung des Magens oder durch Lufteinblasung in den Dickdarm unmöglich, das normale Zwerchfell wesentlich zu heben, während es sehr leicht gelang, das gelähmte Zwerchfell zu verlagern.

Holzknecht und Jonas bezweifeln den Zusammenhang der großen Magenblase mit dem Zwerchfellhochstand, da bei vollkommen gesunden Menschen und insbesondere bei Aerophagen eine verschieden

große Magenblase vorkommen kann. Auch bei dauernd an Verstopfung und Meteorismus leidenden Menschen tritt höchstens eine geringe Hochlagerung des ganzen Zwerchfells, aber nie Hochstand einer Seite allein auf.

Vergrößerung der Magenblase und Gasansammlung in der Flexura lienalis — die ja die Drucksteigerung bewirken — sind aber nicht Ursachen, sondern Folge der Zwerchfelldysfunktion (s. IV 2, S. 26). Bestanden leichtere Erscheinungen dieser Art — wie Verstopfung — auch schon vor Ausführung einer Phrenicoexairese, so erfuhren sie durch die Zwerchfellähmung erhebliche Steigerung bis zu hochgradiger Verstopfung (Uebelhoer 1928) und Meteorismus Kenner, Weiss und Pesek 1933).

Die Bedeutung des elastischen Lungenzuges für die Pathogenese tritt hinter der des Druckes der Baucheingeweide zurück; ersterer kann durch entzündliche Schrumpfung der Lunge in seiner mechanischen Auswirkung auf ein therapeutisch gelähmtes Zwerchfell ersetzt sein und dessen erhebliche Steigerung bewirken.

Lungenzug und Druck der Baucheingeweide wirken in der gleichen Richtung, hochdrängend und daher im Sinne der Entstehung einer Relaxion; sie summieren sich in ihrer Wirkung auf das Zwerchfell und können auch kompensatorisch füreinander eintreten. Ihre Wirkung hängt einmal von ihrer eigenen absoluten Größe ab und zweitens von dem Zustand des Zwerchfells: ein durch Inaktivität atrophisches Zwerchfell unterscheidet sich in seiner Dicke und Konsistenz von einem fettig degenerierten oder einem, dessen Muskel nie als vollwertig anzusehen war; es stellt somit in jedem Fall einen anderen „mechanischen Körper" dar und leistet als solcher den mechanischen Kräften der Umgebung verschieden großen Widerstand. Ein gelähmtes Zwerchfell ist dicker und hat eine festere Konsistenz als ein vollkommen degeneriertes, es erfüllt also — obwohl es seiner motorischen Innervation beraubt und eigentlich funktionsunfähig ist, doch noch als mechanischer Körper einen Teil seiner früheren Funktion — eine passive Funktion, wenn man so will, die der absoluten Größe von Lungenzug und Druck der Baucheingeweide verkehrt proportional ist, dem Seitenzug der normalen Zwerchfellhälfte aber direkt proportional ist. Mit anderen Worten: Die Wirkung von Lungenzug und Druck der Baucheingeweide ist um so größer, je atrophischer und degenerierter das Zwerchfell ist.

Schließlich läßt die Tatsache, daß die Entstehung der Relaxatio nach künstlicher Lähmung nur so selten und als Spätfolge (s. II, S. 11, 12) beobachtet wird, darauf schließen, daß es jahrelanger Einwirkung und erheblicher pathologischer Steigerung des Lungenzuges und des Baucheingeweidedruckes bedarf, um ein mißbildetes, degeneriertes oder gelähmtes in ein relaxiertes Zwerchfell zu wandeln.

Die Seltenheit einer rechtsseitigen Relaxion legt den Gedanken nahe, daß der Entstehungsmechanismus der Relaxatio mit den topographischen Verhältnissen in engem Zusammenhang steht: Das normale Zwerchfell wirkt wie ein Massageapparat (Weil) auf Magen und Dickdarm. Rechts können die Kontraktionen des Zwerch-

fells Furchen auf der Leberoberfläche bewirken, einen Einfluß auf die unter der Leber gelegenen Darmteile hat es nicht, und das ist nach Dillon die Ursache warum sich so häufig Gas in der Flexura heptica, die doch niedriger liegt als die Flexura lienalis, ansammelt. Sowie das Zwerchfell, gleichgültig ob durch Mißbildung, Muskeldegeneration oder Lähmung funktionsunfähig wird, kann es natürlich auf die Organe die unter ihm liegen keinen Einfluß mehr haben; im Gegenteil: diese werden, soweit sie durch Eigenbewegungen oder Druck dazu in der Lage sind, auf das geschädigte Zwerchfell im Sinne einer weiteren Schädigung einwirken. Rechts liegt die Leber; von ihr ist kein schädigender Einfluß zu erwarten, da sie keine Eigenbewegungen macht und auch auf die Dysfunktion des Zwerchfells nicht mit Drucksteigerung (s. I V2, S. 26) reagiert. Links aber wirken die peristaltischen Bewegungen auf ein normales Zwerchfell höchstens als physiologischer Reiz und veranlassen so vielleicht die stärkere Tonisierung und damit den tieferen Stand der linken Zwerchfellhälfte. Die peristaltischen Bewegungen und noch mehr die erhebliche Innendrucksteigerung von Magen und Darm, die selbst eine Folge des Zwerchfellhochstandes sind (s. IV 2, S. 27), wirken aber auf ein geschädigtes Zwerchfell im Sinne weiterer Hochdrängung und Schädigung ein.

Sind Darmschlingen zwischen Leber und Zwerchfell verlagert, dann sind die mechanischen Verhältnisse rechts ganz ähnlich wie sie normalerweise nur links sind; so können auch rechts typische Relaxionen zur Entwicklung kommen (Armani 1926, Wessler und Jaches 1923, Dillon 1928).

Anamnese und subjektive Erscheinungen können im Einzelfalle die Entstehungsursache einer Relaxion vermuten lassen: Relaxionen, die Zufallsbefunde sind oder geringere subjektive Erscheinungen machen, werden auf eine Mißbildung oder geburtstraumatische Lähmung oder Phrenicuslähmung infolge verkalkter Lymphdrüsen der Halsgegend und am Lungenhilus (Venschott 1933) (s. III d, S. 17) als Ursache schließen lassen, denn die Relaxion entsteht in diesen Fällen in frühester Kindheit, und daher werden sich die Organe den veränderten Raumverhältnissen am besten anpassen.

Pleuritische Erkrankungen in der Anamnese lassen Muskeldegeneration infolge Myositis diaphr. vermuten.

Traumatische Relaxionen haben, falls sie bald nach dem Trauma zur Entwicklung kommen, Degeneration durch hämorrhagische Infiltration des Zwerchfellmuskels, Ruptur der Muskelfasern oder der Nervenendigungen des Phrenicus selbst (Carnot und Caroli 1934) als ätiologische Grundlage; treten sie erst jahrelang nach dem Trauma in Erscheinung, dann sind sie wahrscheinlich auf dem Umweg einer traumatischen Phrenicuslähmung entstanden.

7. Therapie.

Die Therapie erfolgt durch Operation: Zwerchfellplastik nach Sauerbruch.

Hygienisch diätetische Maßnahmen mögen in manchen Fällen genügen um den Zustand des Kranken stationär zu erhalten; sie sind in allen Fällen zur Erhaltung des postoperativen Zustandes angebracht. Die Anzeigestellung zur Operation erfolgt nach den subjektiven Symptomen, nach der Prognose — die aus dem Röntgenbefund hervorgehen kann — und schließlich nach den Ansprüchen, die der Beruf an den Körper des Kranken stellt.

Die Zwerchfellplastik (S a u e r b r u c h) wird in Ätherüberdrucknarkose ausgeführt: nach unten konvexer Bogenschnitt von der Scapularlinie links in Höhe der 6. Rippe bis zur Mamillarlinie am Rippenbogen. Resektion der 7., 8. und 9. Rippe in breiter Ausdehnung. Das atrophische Zwerchfellsegel wird etwa an der Grenze zwischen medialem und lateralem Drittel in sagittaler Richtung gespalten. Der Verschluß der so entstandenen Zwerchfellücke erfolgt durch das typische Doppelungsverfahren nach S a u e r b r u c h: der mediale Rand des durchtrennten Segels wird nach oben an der Pleura parietalis dicht vernäht. Damit ist eine erste Trennung von Brust- und Bauchhöhle durchgeführt. Der übrigbleibende laterale Streifen wird soweit wie möglich nach innen an die Unterfläche der neuen Scheidewand genäht. Darüber werden die Weichteile der mobilisierten Brustwand schichtweise verschlossen. So wird eine Dopplung des Zwerchfells erreicht, die nach Abschluß der Vernarbung durch ihre Straffheit dem Druck der Bauchorgane wirksamen Widerstand entgegensetzt.

V. Beobachtung einer Relaxatio diaphr. sinistra als Spätfolge einer Schußverletzung.

Der 26 jährige Landwirt F. L. wurde vor zwei Jahren, am 24. Juli 1927, anläßlich einer Schlägerei durch einen Revolversteckschuß verletzt. Das Geschoß drang von links seitlich oben in die linke obere Brusthälfte ein, der Verletzte brach zusammen und wurde ins Krankenhaus gebracht.

Der Patient stammt aus gesunder Familie, keine Kinderkrankheiten, Anfang 1927 Appendektomie, glatt geheilt, sonst immer gesund gewesen.

Nach der Verletzung war er etwa acht Stunden bewußtlos; kein Blutspucken, Bluterguß im Rippenfell, Vereiterung, Abszeßbildung. In der 4. Woche Lungenabszeß, der in der 6. und 7. Woche ausgehustet wurde; nach insgesamt acht Wochen Entlassung.

Schonung bis Frühjahr 1928, dann voll arbeitsfähig, ist Herr F. L. wieder Motorpflug gefahren und hat den ganzen Sommer und Herbst 1928 teilweise schwer gearbeitet.

Seit Januar 1929 Beschwerden, die schnell zunehmen: Mattigkeitsgefühl; starker Hunger, konnte aber nur wenig essen, da er ein Gefühl „als drehe sich etwas im Magen herum" hatte. Häufiges Erbrechen unmittelbar nach dem Essen. Stuhlgang wurde träge, oft nur alle vier Tage. Gewichtsabnahme von 148 auf 140 Pfund. Stiche in der ganzen linken Seite, besonders bei Drehbewegungen des Rumpfes nach rechts.

Nach einer Röntgendurchleuchtung in Königsberg wurde der Kranke von seinem Arzt in Marienburg (Westpr.) der hiesigen Klinik überwiesen.

Befund: (29. Mai 1929):

Etwas untersetzter, kräftig gebauter junger Mann in genügendem Ernährungs- und Kräftezustand. Schleimhäute gut durchblutet, ganz geringe Cyanose.

T h o r a x: Symmetrisch, gut gewölbt, Littenphaenomen fehlt, kein Zurückbleiben der linken Seite bei der Atmung. An der linken oberen

Brusthälfte reaktionslose Einschußnarbe von Markstückgröße, Haut verschieblich.

Lungen: Reiner Klopfschall, respiratorisches Atmen. Rechts: Grenzen tiefstehend und sehr gut verschieblich; links: hintere Grenze zwischen der 8. und 9. Rippe nicht verschieblich; vordere Grenze wegen Übergang des Lungenschalls in Tympanie nicht bestimmbar.

Herz: Grenze normal, Töne rein, ziemlich leise; Puls kräftig, regelmäßig, um 80 in der Minute.

Abdomen: Druckschmerzhaftigkeit der linken Oberbauchgegend.

Röntgenbefund (13. 5. 1929): Das linke Zwerchfell steht ungefähr zwei Querfinger höher als das rechte und ist schräg nach lateral oben an die Thoraxwand angeheftet. Bei tiefer Inspiration angedeutete paradoxe Beweglichkeit. Der Zwerchfellschatten ist deutlich verdickt — doppelt konturiert. Unterhalb des Zwerchfells die von diesem nicht zu trennende Magenblase, daneben luftgefüllter Dickdarm. Bei seitlicher Durchleuchtung sieht man die Kontur des linken Zwerchfells oberhalb der des rechten. Bei Inspiration deutliche Trennung — paradoxe Bewegung.

Diagnose: Relaxatio diaphragmatis sinistra.

Operation (8. 6. 1929): Sauerbruch.

Zwerchfellplastik nach Sauerbruch: Aetherüberdruck-narkose. Nach unten konvexer Bogenschnitt von der Scapularlinie links in Höhe der 6. Rippe bis zur Mamillarlinie am Rippenbogen. Resektion der 7., 8. und 9. Rippe in Ausdehnung von je 15 cm. Pleura allseits verdickt. Nach Durchtrennung der Pleura parietalis in Höhe der 8. Rippe gelangt man in zarte flächenhafte Verwachsung zwischen Zwerchfell und Lungenunterfläche; ohne Eröffnung des freien Pleuraspaltes kann die Lunge von dem hochgedrängten Zwerchfell völlig abgelöst werden. Der Sinus phrenicocostalis ist vollkommen verödet, und infolgedessen ist die laterale Umschlagstelle des Zwerchfells spitzwinklig abgeknickt. Nunmehr wird das atrophische Zwerchfellsegel etwa an der Grenze zwischen mittlerem und lateralem Drittel in sagittaler Richtung gespalten. Es zeigt sich, daß die Cardia infolge der Fixierung des Magenfundus in dem lateralen Zwerchfellwinkel sehr scharf nach links außen abgeknickt ist. Der Magen ist im ganzen erweitert, an der hinteren Wand des Pylorus tastet man, in dichte Narben eingebettet, das Geschoß. Da jedoch der Pylorus durchgängig ist, wird von einer Gastro-Enterostomie abgesehen. Die Erweiterung des Magens wird lediglich auf die Verziehung des Magens zurückgeführt, die eine funktionelle Pylorusstenose bewirkt hat. Verschluß der Zwerchfellücke durch das typische Dopplungsverfahren nach Sauerbruch: Anheften des medialen Zwerchfellanteils nach oben an die mobilisierte Brustwand, Vernähung des lateralen Teiles von unten her an den bereits fixierten medialen Teil des Zwerfells. In den so entstandenen dreieckigen Hohlraum werden die Weichteile der Brustwand hereingezogen und schichtweise vernäht. Da die freie Pleura nirgends eröffnet wurde, wird beim Hautschluß nur mäßiger Überdruck angewandt. Steriler Verband. Drei Heftpflasterzüge.

Glatte Wundheilung. Der postoperative Verlauf war nur durch einen kleinen wandständigen Pneumothorax mit geringer Exsudatbildung etwas verzögert. Am 6. Tag waren Puls, Temperatur und Stuhlgang normal. Geringe Atembeschwerden bis 26. VI., sonst beschwerdefrei.

Entlassung (18. 7. 1929):

Allgemeinzustand gut, Patient ist beschwerdefrei und gibt nur manchmal nach größeren Mahlzeiten eigenartiges Wühlen in der Magengegend an; er hat vier Pfund an Gewicht zugenommen.

Die Schlußdurchleuchtung ergab: Stand des linken Zwerchfells in Höhe der 6. Rippe, gut davon abgrenzbar die normal konfigurierte Magenblase. Auch bei tiefer Inspiration steht das linke Zwerchfell fast völlig still.

Durch die Zwerchfellplastik wurde also eine widerstandsfähige Scheidewand zwischen linker Brust- und Bauchhöhle geschaffen.

Die Zwerchfellrelaxion ist hier ein Jahr und fünf Monate nach einer Schußverletzung, bei der offenbar der N. phrenicus mitverletzt worden war, in Erscheinung getreten. Allerdings ist die ätiologische Bedeutung einer Myositis diaphr. für diese Relaxatio nicht mit Sicherheit auszuschließen, denn, fortgeleitet von der Rippenfelleiterung, die sich an die Verletzung angeschlossen hatte, könnte eine Myositis diaphr. entstanden sein; jedoch wäre dann eine fortschreitende Entwicklung der Zwerchfellrelaxion vom Zeitpunkt der Verletzung an zu erwarten gewesen. Die Tatsache aber, daß der Patient nach Abklingen der schweren Erscheinungen im Anschluß an die Verletzung bis zum Auftreten der Symptome einer Zwerchfellrelaxion, also über ein Jahr lang, bei unverändertem Wohlbefinden voll arbeitsfähig war, spricht dafür, daß eine Zwerchfellähmung bestanden hatte, die nicht diagnostiziert worden war, weil ihr einziges Symptom — Stillstand oder paradoxe Bewegung des Zwerchfells bei der Atmung — von den schweren Symptomen des bedrohlichen Zustandes, in dem sich der Verletzte befand, verdeckt war.

Warum ist aber diese Zwerchfellähmung schließlich nach dem langen Krankenlager, der darauffolgenden mehrmonatigen Schonungszeit und einem Jahr schwerer landwirtschaftlicher Arbeit in Relaxion des Zwerchfells übergegangen?

Für die Entwicklung einer Relaxatio diaphr. nach Lähmung des Zwerchfells ist immer abnorme Steigerung des Baucheingeweidedruckes (der durch chronische Obstipation und Meteorismus oder durch besonders schwere körperliche Arbeit bedingt sein kann) oder des Lungenzuges (durch entzündliche Schrumpfung der Lunge) verantwortlich.

Nach der Anamnese sind Lungenschrumpfung und chronische Obstipation auszuschließen; die Obstipation dieses Kranken war erst in den letzten Monaten aufgetreten und ist daher ausschließlich als Folgeerscheinung des Hochstandes und der Insuffizienz des Zwerchfells anzusehen. Zur Tätigkeit dieses Patienten, eines Landwirtes, gehören aber verschiedene körperlich anstrengende Arebitsleistungen, die immer wieder Druckerhöhungen im Abdominalraum verursachten, denen sein gelähmtes Zwerchfell keinen Gegendruck entgegenzusetzen vermochte; diese häufigen Druckerhöhungen haben daher auf die Dauer eine weitere Schädigung und Hochdrängung des gelähmten Zwerchfells und damit schließlich die Relaxion bewirkt.

Besonders bemerkenswert erscheint die Angabe des Kranken, viel Motorpflug gefahren zu sein: der Fahrer eines „Traktor" sitzt auf einem ungefederten Sitz; die Unebenheiten des Ackerbodens und die starken Eigenerschütterungen der Maschine bewirken daher ruckartig auftretende Drucksteigerungen im Abdominalraum des Fahrers. Körperlich anstrengend ist auch das Schalten der Gänge und besonders das Lenken dieser Maschine, welches dadurch erfolgt, daß die beiden Raupen (Fortbewegungsmittel eines Motorpflugs) in entgegengesetzter Richtung, z. B. die linke nach vorn, die rechte nach hinten, bewegt werden.

Die pathogenetische Bedeutung des körperlich außerordentlich anstrengenden Berufes des Patienten für den Übergang seiner Zwerchfellähmung in eine Relaxion wird dadurch bestätigt, daß die Symptome der Zwerchfellrelaxion erst im Januar 1929, im Anschluß an die anstrengenden Arbeitsleistungen seit Frühjahr 1928, auftraten, während die Schußverletzung im Juli 1927 erfolgt war.

Die hier mitgeteilte Beobachtung einer Relaxatio diaphragmatis sinistra knapp zwei Jahre nach einer Schußverletzung ist daher als Folge übermäßig anstrengender körperlicher Arbeit bei bestehender traumatischer Zwerchfellähmung anzusehen.

VI. Zusammenfassung.

Unter Relaxatio diaphragmatis versteht man dauernden Hochstand einer Zwerchfellhälfte, die einer dünnen Membran gleicht, keinen Tonus, keine Kraft als Muskel besitzt und die sich daher wie ein schlaffes Segel den Druckverhältnissen ihrer Umgebung anpassen muß.

Die Zwerchfellrelaxion hat Aplasie, Degeneration oder Lähmung des Muskels zur Ursache.

Das pathologisch veränderte Zwerchfell und der Druck der Baucheingeweide wirken circulus-vitiosus-artig aufeinander ein: Die Funktionsuntüchtigkeit des Zwerchfells hat Steigerung des Baucheingeweidedruckes zur Folge; dieser durch die Dysfunktion des Zwerchfells gesteigerte Baucheingeweidedruck wirkt auf das pathologisch veränderte Zwerchfell zurück, indem er dieses infolge Lähmung, Degeneration oder Aplasie geschwächte Zwerchfell weiter dehnt und hochdrängt, bis schließlich das Zwerchfell vollkommen erschlafft.

Ebenso kann jede Drucksteigerung im Abdominalraum, die durch andere Erkrankungen hervorgerufen ist oder die auf exogenen Einwirkungen beruht, als chronisches Trauma auf ein pathologischen verändertes Zwerchfell im Sinne der Entstehung einer Relaxion einwirken.

Daher die pathogenestische Bedeutung schwerer körperlicher Arbeit oder chronischer Obstipation für den Übergang eines pathologischen Zustandes des Zwerchfells — wie Lähmung, Degeneration, Aplasie — in Zwerchfellrelaxion.

Ätiologische Bedeutung kommt diesen Drucksteigerungen nie zu, denn ein normales Zwerchfell vermag noch so erheblichem Druck im Abdominalraum wirksamen Widerstand zu leisten.

Herrn Professor Dr. *Middeldorpf* danke ich herzlichst für die freundliche Überlassung des Themas und Unterstützung bei dessen Ausarbeitung.

LITERATUR-VERZEICHNIS.

de Abreu: zit. nach Dillon.
Ahlfeld: zit. nach Stoeckel: Lehrbuch der Geburtshilfe.
Andersen: Rechtsseitiger Zwerchfellhochstand, Fortschritte der Röntgenstrahlen 34, 1926.
Armani: zit. nach Dillon.
Arnsperger: Mitteilungen aus d. Grenzgebiete d. Med. u. Chir. 8, 1908.
Aronson, E. A.: Médical Record 1918, S. 37.
Assmann: Fortschr. d. Röntgenstrahlen 26, 1918.
— Lehrbuch d. klin. Röntgendiagnostik d. inneren Erkrankungen.
Bayne-Jones: zit. nach Nicolaisen.
Baetge: Dtsch. Archiv f. klin. Med. 110, 1913.
Barclay: The position and movements of the diaphragm, Brit. Journ. Riadiol. 3, 1930.
Béclard: zit. nach Cruveilhier.
Beltz: Eventratio, Med. Klin. 15, 16, 1907.
Bergmann, Joh.: Eventratio; Ergebn. d. inn. Med. u. Kinderhlk. 12, 1913.
Bing: in Handbuch d. inneren Medizin Bergmann-Staehelin V 2, 1926, II. Auflage.
Birch-Hirschfeld: Pathol. Anatomie 1876, S. 857.
Birgfeld: Operation d. genuinen Relaxatio diaphr. Brun's Beitr. 151, 1930.
Bisgard: Experiment. thoracogenic scoliosis, Journ. of thorac. Surg. 4, 1935.
Blandin: zit. nach Willy Felix.
Böhme, W.: Über ein neues Symptom z. Unterscheidung d. Zwerchfellhernie v. d. Relaxatio diaphr. Med. Klin. 1935, S. 1460.
Boeke: zit. nach Willy Felix.
Bromann: Muskulöses Diaphragma Divertikel als wahrscheinliche Folge eines Lipoms. Ziegler's Beitr. 27, 1900.
Brondgeest: zit. nach Willy Felix.
Brunner: Die sogen. Relaxatio usw. Schweiz. Med. Woch. 1931 II.
Chaoul: in Sauerbruch: Chir. d. Brustorgane.
Caballero: zit. nach Dillon.
Callender: Fatty degeneration of the Diaphragm. The Lancet 1867 (January).
Carnot et Caroli: Eventration diaphragmatique d'origine traumatique, Paris médicale 1930.
— Paris méd. 1934.
Casalli: zit. nach Willy Felix.
Cavalié: Innervation du diaphr. par les nerves intercost. . . ., Journ. de l'Anatomie 34, 1898.
Corning: Lehrb. d. topogr. Anatomie, 1922.
Cruveilhier: Anatomie pathol. du corps humain, 1829/35.
— Anatomie pathol. générale, 1849.
Cunningham: zit. nach Lemon.
Damsch: zit. nach Bing.
Dietlen: zit. nach Felix in Sauerbruch: Chir. d. Brustorg.
Dillon: Einseitiger persistierender Zwerchfellhochstand. Ergebnisse d. Strahlenforschung 3, 1928.
— Die dynamische Funktion d. Diaphr. Fortschrit d. Röntgenstrahlen 38, S. 715, 1928.
Dittler: Über die Aktionsströme d. N. phren. bei natürlicher Innervation. Pflüger's Archiv 131, S. 581.
— Weitere Untersuchungen. Pflüger's Archiv 136, S. 533.
Doering: Eventratio. Dtsch. Archiv f. klin. Med. 72, 1902.

Duchenne: zit. nach Lange.
Dusser de Barenne: zit. nach Willy Felix.
Eggeling: Der anat. Befund in einem bekannten Fall von Eventratio. Münch. med. Wochenschr. 1912.
Eppinger: Allgemeine und spezielle Pathol. des Zwerchfells. Nothnagel Handb. Suppl. I.
— in Handb. d. inn. Medizin Bergmann-Staehelin II, 1, 1928, II. Aufl.
Erb: zit. nach Bing.
Ernst: Zentralbl. d. Chirurg. 1929.
Falkenstein: Beitrag z. Pathologie d. Zwerchfells. Diss. Bonn 1904.
Fatou, Lucy, et Prévost: Soc. méd. hôp. fér. 1928.
Felix, Walter: in Sauerbruch: Chir. d. Brustorgane.
Felix, Willy: Anat. experiment. u. klin. Untersuchung über den Phrenicus u. d. Zwerchfellinnervation. Dtsch. Zschrift. f. Chir. 171, 1922.
- Untersuchungen über den Spannungszustand u. d. Bewegungen d. gelähmten Zwerchfells. Zschr. f. d. ges. exp. Med. 33, 1923.
Fischel: Entwicklung d. Menschen, 1929.
Frank: zit. nach Felix.
Franck, O.: Über Zwerchfellinsuffizienz. Brun's Beitr. 74.
Freud und Horner: Zur röntgenolog. Differentialdiagnose zw. Hernie diaphr. und eventratio diaphr. und zur rechtss. eventratio. Fortschritte d. Röntgenstrahlen 29, 1922.
Frömel und Demole: Schweiz. med. Wochenschr. 64, 1934.
Froriep: zit. nach Morison.
Giffin: Annals of Surgery, 1912.
Glaessner: Eventratio dextra. Fortschr. d. Röntgenstrahlen 24, 1916.
Glaser: Eventratio. Dtsch. Archiv f. klin. Med. 78, 1903.
Gutzmann: Über die Oesophagusstimme b. Laryngektomie. Dtsch. med. Wochenschr. 1925, S. 520.
Habershon: zit. nach Felix.
Haecker: in Garré, Küttner, Lexer: Handb. d. prakt. Chir. II. 2. 1931. 6. Auflage.
Herzog: Partielle Lähmung. Fortschr. d. Röntgenstrahlen 38, 1928.
Hildebrandt und Hess: Eventratio. Münch. med. Wschr. 6, 1905.
Hitzenberger: Das Zwerchfell im gesund. u. kranken Zustand, 1927.
Hofbauer: Mechanik d. respirat. Störungen d. paradoxen Zwerchfellaktionen. Zentralbl. f. inn. Med. 26, 1905, und 6, 1905.
Hoffmann: Über chronische idiopathische Magenblase. Münch. med. Wochenschr. 17, 1905.
— Über rudimentäre Eventratio. Münch. med. Wochenschr. 1907.
Hoffschulte: Deutsche med. Wochenschr. 1931 II, S. 1238.
Holzknecht: Ein Fall v. einseit. Phrenicuslähmung. Ges. f. inn. Med., Wien 1907.
— zit. nach Chaoul in Sauerbruch: Chir. d. Brustorgane.
Jamin: Zwerchfell und Atmung in Groedel: Lehrb. d. Röntgendiagnostik.
Jehn: Die Behandlung schwerster Atemkrämpfe bei Tetanus durch doppelseitige Phrenicotomie. Münch. med. Wochenschrift 40, 1914, S. 2048.
Jordan: zit. nach Spiegel.
Kalbfleisch: Erweiterung von Magen und Darm mit Muscularis hyperplasie als Ursache d. Relaxatio. Brun's Beitr. 144, 1928.
- - Weitere Beiträge zur Kenntnis d. Relaxatio und ihrer Entstehung nach Beobachtungen an der Leiche. Arch. f. klin. Chir. 161, 1930.
Kaufmann: Handb. d. Unfallmedizin.
Kayser: Eventratio. Fortschr. d. Röntgenstrahlen 20, 1913.
Kenner, Weiss und Pesek: Zwei Fälle von außergewöhnlichem Zwerchfellhochstand nach Phrenicoexairese. Ztschr. f. Tuberkulose, Wien 1933.
Keith: zit. nach Felix in Sauerbruch: Chir. d. Brustorgane.
— zit. nach Mettenleiter.
Kienböck: Magengeschwüre bei Hernie und Eventratio. Fortschritte der Röntgenstrahlen 21, 1913.

Königer: Zur Differentialdiagn. d. Zwerchf.Hernie u. d. einseit. idiopath. Zwerchfellhochstandes (infolge von Zwerchfellatrophie). Münch. med. Woch. 1909.
Koester: Zwerchfellhochstand im Kindesalter. Röntgenpraxis 7, 1935.
Kofferath: Monatsschr. f. Geburtshilfe u. Gynäkologie 55, 1921.
Krause, P.: Beitrag z. Kenntnis d. Eventratio. Dtsch. Ztschr. f. Nervenheilkunde 1913.
Krause, N. J.: Der intraabdominelle Druck im Bereich d. Subdiaphragmalraumes. Epigastrium und dessen Bedeutung in der Magenchirurgie. Archiv f. klin. Chir. 144, 1927.
Krauss, F.: Zur Kasuistik d. Relaxatio. Zentralbl. f. Chir. 1929.
Krömeke: Fortschritte der Röntgenstrahlen 35, 1927.
Kuré, Hiramatsu, Naito und Sakai: Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. 194, 1922.
— Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung d. Relaxatio diaphr. Ztschr. f. d. ges. experiment. Med. 26, 1922, S. 164.
Kuré und Shimbo: Trophischer Einfluß d. Sympath. auf das Zwerchfell. Ztschr. f. d. ges. experiment. Med. 26, 1922, S. 190.
Landois-Rosemann: Lehrb. d. Physiologie.
Lange: Über pathol. u. therapeut. Zwerchfellähmungen. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. 169, 1922.
Leichtenstern: Zur Diagnose d. Hernia diaphr., Berliner klinische Wochenschrift 1874.
Leendertz: Beitr. z. Klinik d. Zwerchfellähmung. Mitt. a. d. Grenzgebiet d. Med. u. Chir. 32, 1920.
Lemon, Willis: Anatomical and physiological aspects of the Diaphr. Americ. Rev. Tuberc. 22, p. 685—701, 1930.
— Phrenic Neurectomy. Arch. of Surgery, 1927.
Lord: Eventration of Diaphragm. Arch. of Surgery, 1927.
Luhmann: Über Relaxatio diaphr. und ihre Behandlung. Arch. f. klin. Chir. 178, 1934.
Luschka: zit. nach Hitzenberger.
Louste und Fatou: zit. nach Dillon.
Marsh: The abnormal conditions of the Diaphragm. Lancet 1867.
Maingot: zit. nach Dillon.
Meckel: zit. nach Morison.
Meili: Schweiz. med. Wochenschr. 66, S. 167, 1936.
Meisezahl: Beitrag z. Frage d. motorischen Innervation d. Zwerchfells. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. 191, 1925.
Mettenleiter: Die Bedeutung d. Zwerchfells f. d. Blutkreislauf. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. 188, 1924.
Morris: zit. nach Lemon.
Morison, J. M. Woodburn: Elevation of the diaphr. unilateral phrenic paralysis. A radiological study, with special reference to the differentialdiagnosis. Arch. of Radiol. and Electr. 1923.
— Acta radiologica 7, 1926. A contribution to the study of diaphr. Hernia of the eventration type.
Motzfeld: Eventratio. Dtsch. med. Wochenschr. 7, 1913.
Neumann, J.: Zur Frage d. Eventratio diaphr. Dtsch. med. Wochenschrift 33, 1919.
Nicolaysen: Über rechtsseit. idiopath. Zwerchfellhochstand. Fortschr. d. Röntgenstr. 33, 1925.
Otten und Schefold: Beitr. z. Differentialdiagnose zw. Eventratio u. Hernia diaphr. Dtsch. Arch. f. klin. Med. 99, 1910.
Paget: zit. nach Marsh.
Pierron: Eventration diaphr. traumatique par compression abdominale brusque. Arch. électr. méd. 37, 1929.
Petit: Ouvrage posthume: Traité des maladies chir. et des opérations qui leur conviennent. Herausgegeben von Lesne 1774.
Pyl: zit. nach Morison.

Quenu: zit. nach Dillon.
Ramström: Über die Nerven d. Diaphr. Anat., Hefte 30, 3, 1906.
Raspe: Über Mißbildungen d. Zwerchfells. Dtsch. Woch. 1935 I, S. 703.
Rautenberg: zit. nach Schlecht und Wels.
Reich: Über einseit. Zwerchfellhochst. Fortschr. d. Röntgenstr. 30, 1923.
Rhéaume: Hernie transdiaphr. gauche. Eventration du diaphr. Presse méd. 50, 1926.
Riesser: Handb. d. normal. u. path. Physiolog. 8, 1925.
Sauerbruch: Zur Pathologie d. offenen Pneumothorax u. d. Grundlage meines Verfahrens z. seiner Ausschaltung. Grenzgeb. 13, 1904.
— — Die Beeinflussung v. Lungenerkrankungen durch künstliche Lähmung d. Diaphr. Münch. med. Woch. 12, 1913.
— Kritische Bemerkungen z. Behandlung von Lungenerkr. durch künstl. Lähmung d. Zwerchfells. Münch. med. Wochenschr. 1923, S. 693.
— XIV. Tagung d. Vereinigung d. bayr. Chir. Zentralbl. 1929, S. 2731.
— Chirurgie der Brustorgane.
Schlecht und Wels: Zur Röntgendiagnostik d. Relaxatio diaphr. (eventratio diaphr.). Fortschritte der Röntgenstrahlen 27, 1919—21.
Schintz-Baensch-Friedl: Lehrb. d. Röntgendiagnostik.
Schreiber: zit. nach Dillon.
Sieglbauer: Lehrb. d. Anatomie, 1930.
Spiegel: in Handb. d. normal. u. pathol. Physiologie 9, 1929.
Steinitz: Über rechtsseit. idiopath. Zwerchfellhochst. Fortschritte der Röntgenstrahlen 29, 1922.
Sternberg: Lehrbuch der Pathologie.
Strukow: Histolog. Veränderungen d. Zwerchfells im Zusammenhang mit der Lehre von seiner Funktion. Virchow's Arch. 282, 1931.
Strauss: Beitr. z. motor. Innervation d. Zwerchfells b. Mensch u. b. Tieren. Zschr. f. experim. Med. 86, 1933.
Tennant: Partial atrophy of the diaphragm. Edinburg med. Journ. 1894.
Thoma: 4 Fälle v. Hernia diaphr. Virchow's Arch. 88, 1882.
Thomas: zit. nach Dillon.
Truesdale: Anatomy of the diaphragm. Journ. of thorac. Surg. 4, 1935.
Tyson and Bowman: Paralysis in the newborn. Journ. Dis. Child. 46, 1933.
Übelhoer: Relaxatio nach künstl. Zwerchfellähmung. Zschr. f. Chir. 211, 1928.
Uexküll: zit. nach Spiegel.
Venschott: Zur Frage d. rudiment. Form d. Relaxatio. Monatsschr. f. Kinderheilk. 59, 1933—34.
Voorhoeve: Der Magen als vikariierender Luftkessel nach Larynxexstirpation. Zweckmäßige Aerophagie. Acta Radiologica 7, 1926.
Walther: Röntgenuntersuchung über d. Wirkung d. Phrenicotomie. Beitr. z. klin. Chir. 90, 1914.
Weigert: Geheilter Fall von Relaxatio. Brun's Beitr. 119, 1920.
Wels: siehe Schlecht und Wels.
Wessler und Jaches: zit. nach Dillon.
Wieting: Dtsch. Zeitschr. f. Chir. 82, 1906.
Wood and Wood: The Lancet 1931.
Wrisberg: zit. nach Willy Felix, 1922.

LEBENSLAUF.

Am 24. Januar 1908 wurde ich, Annie Roesler-Alexander, als Tochter des Arztes, ord. Professor der Ohrenheilkunde an der Universität Wien, Dr. Gustav Alexander und seiner Ehefrau Dr. phil. Gisela Alexander in Wien geboren. Bis zum 17. Lebensjahr besuchte ich das humanistische Gymnasium des Frauenerwerbvereins in Wien. Die Reifeprüfung legte ich am 14. Juli 1926 am humanist. Gymnasium in Klosterneuburg bei Wien ab. Im Wintersemester 1926 wurde ich als ordentliche Studentin der Medizin an der Universität Wien immatrikuliert. Nach zwei Semestern in Wien und mehrjährigem Aufenthalt in U. S. A. setzte ich mein Studium der Medizin in Deutschland fort und habe nach weiteren 3 vorklinischen Semestern die ärztliche Vorprüfung an der Universität Köln vollständig bestanden. Während sämtlicher klinischer Semester studierte ich an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin. Die Unterbrechungen des Medizinstudiums waren notwendige Folge beruflicher Tätigkeit als Cellistin.